1868. VII.
Medic. XXV.

Lane Medical Library

EXPERIMENTELLE STUDIEN ZUR PHYSIOLOGIE DES GEHÖRORGANS.

INAUGURALDISSERTATION

WELCHE

ZUR ERLANGUNG DER DOCTORWUERDE

IN DER

MEDICIN, CHIRURGIE UND GEBURTSHUELFE

UNTER ZUSTIMMUNG DER MEDICINISCHEN FACULTAET ZU KIEL

NEBST DEN BEIGEFUEGTEN THESEN

OEFFENTLICH VERTHEIDIGEN WIRD

JOHANNES SCHMIDEKAM

AUS BOIZENBURG AN DER ELBE.

KIEL.
DRUCK VON C. F. MOHR.
1868.

Lane Medical Library

Zum Druck genehmigt:

Dr. Esmarch.
d. Z. Decan.

Herrn Doctor Friedrich Kaestner,

Oberarzt der medicinischen und Irren-Station des städtischen Krankenhauses zu Altona,

seinem hochgeschätzten Lehrer und Freunde

in dankbarer Verehrung gewidmet

vom Verfasser.

Experimentelle Studien zur Physiologie des Gehörorgans.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden unternommen, um durch das directe Experiment Erfahrungen über die Uebertragung der Schallwellen vom mittleren Ohre auf das Labyrinth zu gewinnen. Der ursprüngliche Plan ging darauf hin, der Function des runden Fensters näher zu kommen, da auf die Bedeutung der dasselbe schliessenden Membran die anatomischen Verhältnisse entschieden hinzudeuten scheinen.*) Dieser Plan ward bald verlassen, weil die Experimente in eine andere Richtung führten. Ich thue dessen jedoch Erwähnung, weil sich aus ihm heraus die Untersuchung im Wesentlichen entwickelt hat.

An den Versuchen hat sich mein hochverehrter Lehrer, der Herr Professor Hensen derartig betheiligt, dass mit wenigen Ausnahmen die Befunde von uns Beiden gemacht und selbstständig geprüft worden sind.

Ich kann es desshalb nicht unterlassen, schon hier demselben für die liebenswürdige Bereitwilligkeit, mit welcher er mich in meiner Arbeit, durch geistige und practische Beihülfe, wie durch Opfer an Zeit und Mühe und durch die unbeschränkte Erlaubniss, die Apparate und das Material des von ihm dirigirten physiologischen Institutes zu benutzen, unterstützte, meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Zunächst sollte versucht werden, auf die Schwingungen des Trommelfelles in der Weise modificirend einzuwirken, dass dadurch die Gehörseindrücke wesentlich sich abänderten. Dies geschah in doppelter Weise; einmal durch Berührung, resp. Belastung des Trommelfells mittelst Sonden und ferner durch den Druck einer auf dem Trommelfelle lastenden Wassersäule. Beide Versuchsarten führten uns dazu, gleichzeitig die Sensibilität des äusseren Gehörganges und des Trommelfells zu prüfen, so wie über die Resistenzkraft des letzteren Erfahrungen zu sammeln, welche desshalb nicht ohne Interesse sein

---

*) Vgl. M. Claudius. Physiologische Bemerkungen über das Gehörorgan der Cetaceen und das Labyrinth der Säugethiere. Kiel 1858. — Ferner: V. Hensen. Zur Morphologie der Schnecke des Menschen und der Säugethiere. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Bd. XIII. Heft 4. pag. 507. Auch Toynbee. (Die Krankheiten des Gehörorgans, übersetzt von Moos, pag. 300.) schrieb dem runden Fenster die Function zu, Schallwellen auf die Schneckennerven zu übertragen.

dürften, weil hierüber sehr wenig bekannt ist, resp. irrige Anschauungen cursiren. Die Versuche, das Hören durch Belastung des Trommelfells mit Wasser zu modificiren, führten weiter zu einer Wiederholung und Nachprüfung der Eduard Weber'schen*) Versuche, und liessen uns neue Befunde zum Hören in einem flüssigen Medium im Allgemeinen und zur Lehre von den Muskelgeräuschen im Speciellen machen. Ferner studirten wir nach dem Vorgange W. Henke's**) den Mechanismus der Gehörknöchelchen, was uns zu dem Haupttheil unserer Arbeit führte. Wir begnügten uns nicht, diesen Bewegungsvorgang durch mechanischen Druck zu prüfen, sondern wir führten dem schallleitenden Apparat die ihm adäquaten Schallwellen, und zwar in concentrirter Form zu, um hierdurch weitere Einblicke in den physiologischen Vorgang dieses Schallleitungsmechanismus zu gewinnen. Gleichzeitig wurde, so viel als thunlich, die Membrana tympani secundaria auf ihre Leistung und Function geprüft. Da jedoch manche an diese Experimente sich knüpfende Frage nicht allein durch Versuche mit dem menschlichen Ohrpräparate ihre Beantwortung finden konnte, so recurrirten wir auf den von Johannes Müller angegebenen Apparat,***) in welchem er den „doppelten" Leitungsapparat der Trommelhöhle künstlich darzustellen suchte, indem wir diesen Apparat für die uns vorliegenden Fragen erweiterten und ihn ganz besonders dazu verwendeten, in die dunkle Frage über die Schallleitung im Labyrinthwasser ein wenig einzudringen.

Ueber die Resistenz des Trommelfells.

Die Resistenzkraft des Trommelfells ist beim Menschen entschieden viel bedeutender als bei den meisten Thieren. Meine in dieser Richtung angestellten Prüfungen beziehen sich auf die Trommelfelle vom Hunde, Schaaf, Hirsch, Reh, Meerschweinchen, Kaninchen und von der Katze.

Man kann das menschliche Trommelfell ziemlich kräftig drücken, ohne es zu lädiren, wenn nur das drückende Instrument eine abgerundete Form besitzt.

Um die Resistenz genauer zu prüfen, wurden zwei menschliche Ohrpräparate in der Weise geopfert, dass die Trommelfelle durch eine in den Gehörgang fest eingebundene Glasröhre, mit einer Quecksilbersäule belastet wurde, deren Höhe gesteigert ward, bis ein Riss im Trommelfelle entstand, welcher dem Quecksilber das Ablaufen aus der vorher geöffneten Paukenhöhle gestattete.

Ein wenige Wochen in Spiritus aufbewahrtes Ohrpräparat vom Menschen, an welchem der Steigbügel und Ambos entfernt war, bedurfte zur Sprengung seines Trommelfells einer Quecksilbersäule von 143 Centimetern Höhe. Der Einriss verlief geradlinig, parallel dem Hammergriff, in den untern drei Vierteln seiner vordern Befestigungslinie.

*) Berichte über die Verhandlungen der kgl. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Mathematisch-physische Classe. Jahrgang 1851. pag. 30.

**) W. Henke. Der Mechanismus der Gehörknöchelchen. Zeitschrift für rationelle Medicin. 1868.

***) Handbuch der Physiologie des Menschen von Johannes Müller. Bd. II. pag. 443.

Ein anderes, ungefähr 8 Tage lang in Spiritus aufbewahrtes menschliches Ohrpräparat, an welchem das Labyrinth und die Trommelhöhle eröffnet waren, die Gehörknöchelchen sich vollzählig in normaler Lage befanden, welches jedoch in sofern pathologisch war, als reichliche Residuen früherer Entzündungsprocesse, in Form von Pseudomembranen und Ligamenten, nachweisbar waren, wurde gleichfalls auf die Resistenz seines getrübten und scheinbar verdickten Trommelfells, in gleicher Weise, geprüft. Es war eine Säule von 168 CM. Quecksilber erforderlich, um in diesem Trommelfelle einen Riss hervorzubringen, welcher sich wiederum in der vordern Trommelfellhälfte befand. Der bogenförmige Riss fing eben unterhalb des Processus obtusus mallei an, verlief in der obern Hälfte der vordern Hammerlinie, um dann bogenförmig nach vorn und unten in der Membran selbst zu enden.*)

Die zur Vergleichung geprüften Thierohren, waren so präparirt, dass gleichfalls eine Glasröhre in den Ohrgang eingebunden werden konnte und ausserdem nur durch Eröffnung der Trommelhöhle von unten das Trommelfell sichtbar gemacht worden war.

Das Trommelfell des Hundes bedurfte einer Quecksilbersäule von 66 Centimeter Höhe zur Sprengung; dasjenige des Schaafes zerriss bereits bei einer Belastung von 34 Centimeter Quecksilber. Beim Hundeohr fand sich eine rundliche Perforationsöffnung nach unten und vorn von der Spitze des Hammergriffs, während das Paukenfell des Schaafes neben dem kurzen Fortsatze des Hammers, in dem untern hintern Abschnitte der Membrana flaccida perforirt war. Die Trommelfelle einer zwei Monate alten Katze liessen schon kleinste Mengen Quecksilber oberhalb des Processus obtusus mallei durchsintern, so dass hier vielleicht ein besonders grosses Foramen Rivini vorhanden war, oder auch, dass die Membrana flaccida der Katze sich durch ganz abnorme Zartheit auszeichnet.

Meine Trommelfelle haben, ohne zu leiden, einen nicht unbedeutenden, jedoch nicht näher bestimmten Sondendruck, sowie die Belastung einer 126 Centimeter hohen Wassersäule ertragen können.

Rücksichtlich der Beweglichkeit des Trommelfells haben uns die Untersuchungen vieler anatomischer Präparate gelehrt, dass diese Membran keineswegs straff gespannt ist, dass man erhebliche Excursionen bekommt, wenn man die Luft des Gehörganges nur im mässigen Grade verdünnt oder verdichtet.**)

Sensibilität des Gehörganges und des Trommelfells.

Der knöcherne Theil des Gehörganges reagirt bekanntlich auf seine Berührung durch ein specifisch unangenehmes Gefühl, welches sehr energisch vor jeder unvorsichtigen Einführung der Sonde abmahnt. Weiter hinein hat — soweit sich eruiren lässt — derjenige Uebergangstheil

*) Diese beiden Beobachtungen stimmen nicht mit den Erfahrungen der Ohrenärzte überein, welche die, in Folge von in der Nähe stattgehabten Explosionen eingetretenen Trommelfellzerreissungen fast stets hinter dem Griffe, und parallel mit ihm, von oben nach unten, beobachteten.

Vgl. A. von Trölsch. Lehrbuch der Ohrenheilkunde. 4. Aufl. pag. 124.

**) Vgl. Joseph Gruber. Anatomisch-physiologische Studien über das Trommelfell und die Gehörknöchelchen. Wien 1867. pag. 52.

der Gehörgangswand in das Trommelfell, welcher als Membrana flaccida Shrapnelli*) bezeichnet wird, eine sehr grosse Empfindlichkeit, so dass eigentlich jede Berührung desselben Schmerz macht, während die übrigen Uebergänge des Trommelfells in die Gehörgangswand erst auf stärkeren Druck ein unangenehmes Gefühl zeigen. Das Trommelfell selbst scheint eine Schmerzempfindlichkeit, im normalen Zustande, nicht zu haben und kann — der herrschenden Ansicht entgegen**) — geradezu als empfindungslos bezeichnet werden.

Auch für den Spannungsgrad dürfte es nur eine sehr geringe Empfindlichkeit besitzen; wenigstens ist es bei sehr vorsichtig eingeführter aber alsdann stark eingedrückter Sonde nicht immer möglich zu entscheiden, ob die Sonde wirklich dem Trommelfelle anliegt, oder nicht. Erst wenn sie abgezogen wird, ergiebt sich aus den begleitenden Geräuschen in solchem Falle ein sicheres Urtheil, ob sie auf das Trommelfell selbst drückte.

Dies gilt jedoch nur für den Fall, wo der Hammer nicht berührt wird. Die Berührung dieses Knochens ist stets von einem, wenn auch nicht schmerzhaften, so doch lästigen Druckgefühle begleitet.

Ich habe ausserdem noch zuweilen, übereinstimmend mit Herrn Dähnhardt, bei Berührung mit der Sonde das Gefühl eines kalten Körpers, welches auch nach Entfernung der Sonde noch einige Minuten andauert, während Hensen diese Empfindung vermisst. Schmerzhaft kann ausserdem ein Druck werden, der entweder durch Compression der Luft im Gehörgange mittelst eines Gummiballons, oder durch eine Wassersäule ausgeübt wird, sobald der Druck eine gewisse Grenze überschreitet. Ich machte an mir folgende Erfahrungen über die Reizbarkeit meiner Gehörgangsnerven.

Als ich einmal vermittelst eines Esmarch'schen Irrigators und zweier von diesem abgehenden, in die Ohren wasserdicht eingeführter Kautschukschläuche meine Gehörgänge mit kaltem Pumpenwasser angefüllt hatte, stellte sich, nachdem der bei der Einführung durch einen Quetschhahn geschlossene Schlauch geöffnet wurde, und nun eine Wassersäule von 117 CM. auf meinem Trommelfell lastete, ein intensives Schmerzgefühl ein, welchem Schwindel und Uebelkeit auf dem Fusse folgte. Ich musste die Schläuche aus den Ohren entfernen lassen, mich niederlegen, und bemerkte bald eine Verminderung der Erscheinungen. Gleich darauf wiederholte ich denselben Versuch, liess jedoch den Irrigator um 52 CM. niedriger aufhängen; sogleich traten dann dieselben Erscheinungen in so verstärktem Masse ein, dass das Gefühl des Schwindels sich fast zur Ohnmacht steigerte, alsdann Würgen und wirkliches Erbrechen eintrat, dem für die Dauer des Tages ein Eingenommensein des Kopfes folgte.

Nach der herrschenden Neigung der Ohrenärzte liegt es nahe, die Ursache dieser Erscheinungen in einer positiven Druckschwankung im Labyrinthe zu suchen; ich bin indessen geneigt, die Zufälle als Reflexerscheinungen, bedingt durch Reizung des Ramus auricularis nervi vagi aufzufassen, da Reizungen dieses Nerven bekanntlich schon häufig räthselhafte Erscheinungen zur Folge gehabt haben.***)

Der Reiz war in diesem Falle nicht durch den Druck, sondern durch die niedrige Temperatur des Wassers gegeben.

Als ich bei einer späteren Wiederholung dieses Experimentes, dem Rathe von Tröltsch's †)

---

*) J. Henle, Eingeweidelehre pag. 734. J. Gruber, Anatomisch-physiologische Studien über das Trommelfell. pag. 52. A. Prussak. Zur Anatomie des menschlichen Trommelfells. Archiv für Ohrenheilkunde. Bd. III. Heft 4.

**) v. Tröltsch. Die Anatomie des Ohrs. 1861. pag. 30.

***) Vgl. Luschka. Die Anatomie des menschlichen Halses. Tübingen 1862. pag. 392. v. Tröltsch. Lehrbuch der Ohrenheilkunde 4. Auflage pag. 75.

†) Dessen Lehrbuch. pag. 120.

folgend, anstatt des kalten Wassers, warmes Wasser von 25° R. anwandte, blieben alle Erscheinungen aus, obwohl ich den Druck noch um mehrere Centimeter steigerte.

Als ich ferner einmal den starken Ton der Sirene durch einen Kautschukschlauch längere Zeit dem Ohre direct zuleitete, hatte ich ebenfalls ein leichtes Schwindelgefühl und eine gelinde Brechneigung mit nachfolgendem Eingenommensein des Kopfes und Ohrsingen zu constatiren. Es wird noch weiter unten davon die Rede sein, dass dieses Experiment bei gewissen Tönen ein schmerzhaftes Kitzeln im hintern Theil des Gehörganges (und am Trommelfelle?) erzeugt.

. Versuche über die Berührung des Trommelfells mit Sonden.

Eine in den äussern Gehörgang eingeführte gerade Sonde lässt sich ohne Schwierigkeiten an alle Theile des Trommelfells bringen und sogar, wenn auch schwierig, ohne die Wände des Gehörgangs zu berühren, wenn man durch Zug an der Muschel den Gang gerade zu strecken sich bemüht. Sie trifft jedoch vorzugsweise den oberen Abschnitt bis zum Umbo hinunter. Reichliche Versuche am todten, wie am eignen Ohre haben dieses bestätigt.

Es würde zu lang werden, alle Modificationen, welche wir behufs der Einführung in Anwendung brachten, zu beschreiben. Hauptsächlich experimentirten wir mit an der Spitze knopfförmig verdickten, dann zu einer schwachen Feder verdünnten Stahlsonden und mit gleichfalls an der Spitze geknöpften, nicht federnden Glassonden.

Soll die Sonde im Umbo stehen, so muss sie mit ihrem Knopfe etwas nach aufwärts gerichtet und in entsprechender Haltung eingeführt werden. Die Sonde wurde anfänglich mit der Hand frei eingeführt; später wurde sie mit einem Politzer'schen Ohrspiegel*) derartig in Verbindung gebracht, dass sie, durch drei Drähte gehalten, im Centrum des Spiegels frei schwebte, die kleine Oeffnung desselben um 1,0 bis 1,5 CM. überragend. Ferner befestigten wir die Sonde auf einer Membran, welche über einer Glasröhre oder einem Pappringe ausgespannt war. Die Befestigung geschieht in diesem Falle am besten durch Ankleben der rechtwinklig gebogenen Sonde mit Leim. Die Röhren oder Ringe hingen, an zwei Fäden befestigt, von der Decke des Zimmers herab; doch so, dass sie nicht allzu stark pendelten.

Die Beobachtungen, welche man mit diesen Apparaten machen kann, sind zweierlei; einmal betreffen sie die Erscheinungen, welche durch das Anlegen selbst hervorgerufen werden, zweitens die Veränderungen, welche durch die ruhig anliegende Sonde in der Wahrnehmung des Schalls entstehen. Ich bespreche die letzteren zuerst.

Wenn die Sonde absolut ruhig dem Trommelfelle anliegt, wenn also entweder der mit einer Sonde in Verbindung gebrachte Ohrspiegel fest im Gehörgange steckt und der Sondenknopf das Trommelfell drückt, oder wenn man durch grössere oder geringere Abweichung von der Schwerlinie der an der

---

*) Adam Politzer Die Beleuchtungsbilder des Trommelfells. Wien. 1865. pag. 14.

Membran befestigten, pendelartig aufgehängten Sonde, letztere durch ihr eignes Gewicht und das Gewicht des mit ihr in Verbindung stehenden Glas- oder Pappcylinders auf das Trommelfell stärker oder schwächer drücken lässt, so hört man keinerlei Art von Geräusch. Es dürfte demnach die Redeweise von subjectiven Tönen und Geräuschen, hervorgerufen durch Druck auf das Trommelfell, ihre Gemeingültigkeit verlieren.

Lässt man nun bei der ersten Art des Versuches, also beim Anstemmen einer Sonde gegen das Trommelfell, welche durch den Trichter vor einer Berührung der Gehörgangswand geschützt ist, Töne erzeugen oder sprechen, so scheint die Schallwahrnehmung und die Wahrnehmung von Schwebungen nicht modificirt. Wenn man jedoch eine Tonquelle prüft, während man den Druck der Sonde verstärkt oder schwächt, so findet in einigen Fällen eine Tonverstärkung statt und zwar z. B. beim Abklingen der auf a gestimmten Stimmgabel; ferner bei den Orgelpfeifen c und d und ebenso beim Ticken einer leise gehenden Uhr. In letzterem Falle stellten wir bei früheren Versuchen Messungen an, welche ergaben, dass sich die Hörweite für die Uhr beim Druck von 53 auf 64 CM. vergrösserte.

Erhard hat für sein allerdings schwerhöriges Ohr ähnliche Erfahrungen beim Einführen von Baumwolle an's Trommelfell gemacht, und hat darüber in seiner Dissertation*) berichtet.

Yearsley in London war der Erste, welcher dieses einfache Mittel zur Hörverbesserung in gewissen pathologischen Fällen bereits 1848 empfahl**). Diese Erfahrung lässt sich für das normale Ohr wohl einfach erklären durch ein Experiment, welches man an jeder gespannten Membran vornehmen kann. Hält man nämlich dieselbe zwischen sich und einer Schallquelle und drückt alsdann mit dem Finger darauf, so verstärkt oder verschwächt sich die Leitung des Schalles durch sie hindurch, je nachdem ihre Spannung geringer oder grösser ist, als diejenige, welche der Tonquelle genau entsprechen würde. Demnach würde durch das Andrücken der Sonde die Stimmung des Trommelfells zu Gunsten der stärcker gehörten Töne vermehrt werden. Die günstige Druckwirkung in pathologischen Fällen dürfte dagegen wohl in einer Annäherung der in ihren Verbindungen gelockerten Gehörknöchelchen beruhen. Der Ton einer Stimmgabel von 100 Schwingungen in der Secunde liess sich durch das Andrücken der Sonde nicht verstärken.

Anders verhalten sich die mit Membranen in Verbindung stehenden Sonden. Wenn ein Ton erzeugt wird, welcher die Membran in stärkere Schwingungen zu setzen vermag, so schallt dieser Ton sehr verstärkt durch die an's Trommelfell angelegte Sonde in's Ohr hinein. Der Ton ist jedoch nur dann erheblich verstärkt, wenn die Sonde wirklich dem Trommelfelle anliegt, während die Leitung durch irgend eine benachbarte Stelle des Gehörganges eine bedeutend abgeschwächte ist. Auch sind störende Nebengeräusche, welche durch die Berührung des Gehörganges entstehen, zu vermeiden und es ist deshalb die Vorsicht zu empfehlen, vor Einführung der Sonde die Biegungen und Unregelmässigkeiten des Ohrganges durch einen für diesen Zweck angefertigten Schutztrichter oder durch einen gewöhnlichen Ohrspiegel auszugleichen. Für andere Töne, sei es von Orgelpfeifen, sei es der menschlichen Sprache, welche der Grösse und Spannung der Membran nicht genau entsprechen, ist eine erhebliche Verstärkung nicht vorhanden.

Die auffallendste Erscheinung bietet bei diesen Experimenten die in dem sondirten Ohre eintretende, sehr characteristische Verstärkung der eignen Sprache des Experimendirenden dar. Diese Ver-

*) De auditu quodam difficili nondum observato. Berlin. 1849.

**) Vgl. v. Tröltsch, Lehrbuch der Ohrenheilkunde. 4. Aufl. pag. 349 u. 350.

stärkung besteht einmal darin, dass die Sprache scheinbar überhaupt nur in dem betreffenden Ohre vernommen wird, ähnlich als wenn man das Ohr mit dem Finger verschlossen hätte; dann aber haben die Töne etwas klirrendes und resonnirendes, und unterscheiden sich von denen der gewöhnlichen Sprache ähnlich, wie der Klang des gedämpften von dem des nicht gedämpften Klaviers, jedoch ist dieser Vergleich nur in Ermangelung eines besseren zulässig.

Es setzen sich die durch die eigne Sprache hervorgerufenen Schwingungen des Trommelfells in sehr wahrnehmbarer Weise auf die Sonde und die daran befestigte Membran fort. Die auf die Membran übertragenen Schwingungen lassen sich durch kleine auf die Membran herabhängende Pendel, welche aus an Coconfäden hängenden kleinsten Glasperlen bestehen, leicht und deutlich durch ein starkes Penduliren nachweisen.

Die Resonnanz der eignen Sprache zeigte sich übrigens auch schon, wenn eine federnde Sonde nach der ersten Methode, also ohne Membran, dem Trommelfell anlag, oder wenn eine Glassonde an einem ausgespannten Hanffaden befestigt mit einem geringen Druck das Trommelfell berührte. Der Versuch erklärt sich einfach dadurch, dass die Sonden, resp. Membranen, durch die Schwingungen des Trommelfells mit in Bewegung gesetzt werden, daher die Schwingungen in kürzester Frist verstärkt werden und dann ein wenig länger andauern, als der Ton selbst. Interesse hat es immerhin, dass man auf diese Weise die Schwingungen des lebenden Trommelfells direct nachzuweisen, im Nothfall sogar sie aufzuschreiben, im Stande ist. Es muss jedoch erwähnt werden, dass die Membranen auch in Schwingungen gerathen, welche durch die aufgehängten Pendel nachgewiesen werden können, wenn ein Anderer in den Tönen, für welche sie gespannt ist, spricht; ebenso wenn die Sonde nur an die Wand des Gehörganges, nicht aber an das Trommelfell lehnt. Die Pendel bewegen sich nicht so kräftig, wie wenn die Sonde gegen das Trommelfell gestützt ist, aber sehr erheblich ist dieser Unterschied für den Beobachtenden nicht, während die subjective Wahrnehmung des stärkeren oder schwacheren Penduhrens für den Experimentirenden einen ganz bedeutenden Unterschied zwischen der Wirkung der eignen und fremden Sprache, der Anlagerung an das Trommelfell oder an den Gehörgang constatiren lässt. Wir machen daher der objectiven Beobachtung, der subjectiven Gehörsempfindung gegenüber, eine Concession, wenn wir vorerst aus diesen Versuchen keinen bestimmten Schluss über die Wege, durch welche die eigne Sprache vernommen wird, machen.

Was nun die Erscheinungen, welche durch das Anlegen selbst hervorgerufen werden, anbetrifft, so lässt sich die Sonde so zart anlegen, dass Geräusche kaum dadurch bewirkt werden; dann nämlich, wenn der Experimentirende seinen Kopf durch feste Lagerung fixirt hat, (was am besten durch Auflegen der Stirn auf den Tischrand geschieht), und derselbe nun die oberhalb des Kopfes in der richtigen Entfernung vom Ohre aufgehängte Sonde sich langsam von einem Gehülfen in den Gehörgang einsenken lässt. Dagegen ruft die Einführung durch die eigne Hand, ganz besonders aber bei Ungeübten, eine Menge geringerer oder stärkerer Geräusche hervor. Zu diesen gehören die Berührungen des Gehörganges und der ihn auskleidenden Wollhaare, welche um so lauter dem Ohre bemerkbar werden, wenn die Sonde mit einem gespannten Faden oder einer Membran in Verbindung steht. Sobald das Trommelfell berührt wird, so entsteht ein lautes und tiefes Sausen, welches wir zuerst mit der Gehörsempfindung verglichen, die man beim Fahren in einem geschlossenen Wagen über eine hölzerne Brücke empfängt.*)

*) Wir legen auf diesen Vergleich nur geringen Werth, da wir mehrfach die Erfahrung machten, dass das erste Hören eines bis dahin ungekannten entotischen Geräusches stets stärker erscheint, als bei häufigeren Wiederholungen, wo man vorbereitet, seine Aufmerksamkeit mehr auf die Analyse desselben richtet.

Bei Berührung des Hammerstiels vermischt sich jenes tiefe Sausen mit einem eigenthümlichen Knattern. Sobald die Sonde aus der einführenden Hand befreit ist und ruhig hängend dem Trommelfell anliegt, sind mit Ausnahme von den schwächeren Geräuschen, welche durch die Berührung des Gehörganges bedingt sind, alle lauten Geräusche verschwunden, und es ist somit keinem Zweifel unterworfen, dass die Hauptmasse jener lauten tiefen Geräusche durch die Hand dem Ohre zugeführt wird. Ich nehme keinen Anstand, ihre Hauptquelle in, vom Arm und der Hand fortgeleiteten, Muskelgeräuschen zu suchen, welche durch Geräusche der Sehnenscheiden und Gelenke, wie durch die unruhige Haltung der sich am Trommelfell verschiebenden Sonde verstärkt worden. Das Herausnehmen, der dem Trommelfell anliegenden Sonde wird, wie es scheint, ausnahmslos, durch ein knallendes Geräusch bezeichnet. Diesen Knall erhält man auch, wenn man durch einen luftdicht eingeführten Schlauch, auf irgend eine Weise, am bequemsten durch den Mund, die Luftspannung im Gehörgange plötzlich ändert; und zwar erhält man ihn sowohl beim plötzlichen Ausbuchten, als auch beim plötzlichen Einbuchten des Trommelfells, so wie auch dann, wenn letzteres aus einer dieser zwei Lagen plötzlich in seine Ruhelage zurückschnellt. Am todten Ohre lässt sich dieser Bewegungsmechanismus, welcher die Quelle jenes knallenden Geräusches bildet, mit Leichtigkeit übersehen.

Es ist wahrscheinlich, dass jede Art von Knall im Wesentlichen durch einen ähnlichen Erschütterungs-Mechanismus des Trommelfells und der Theile des mittleren Ohres entstehe.

Uebrigens kann man auch objectiv das knallende Geräusch wahrnehmbar machen, wenn ein Anderer die Sonde von seinem Trommelfell entfernt, jedoch macht es den Eindruck, als ob dieses Geräusch höhere Töne enthielte, als dasjenige, welches man selbst, als Experimentirender, wahrnimmt. Herr Dähnhardt und ich konnten diesen durch einen hohen Grundton characterisirten Knall ohne Anstrengung und Kunsthülfe in einer Entfernung von 5 Meter gegenseitig noch deutlich hören. Auch an frischen Leichen lässt sich dieses knallende Geräusch auf eine Entfernung von 60 CM. durch das Abziehen der Sonde hörbar machen, wie solches von den Herrn Edlefsen und Zerssen auf meine Veranlassung, im hiesigen pathologisch-anatomischen Institute häufiger geprüft wurde.

Beim Verschieben der Sonde am Trommelfell machen sich oft noch knisternde Geräusche hörbar, welche den Eindruck machen, wie wenn man über eine trockene aber etwas klebrige Membran hinfährt; und in der That scheint die äussere Oberfläche des Trommelfells mit einer dünnen Schicht klebriger Substanz*) bedeckt zu sein, denn es kleben an der vorsichtig, ohne Berührung der Gehörgangswand, eingeführten Sonde hinterher kleine leichte Papierstückchen am Knopfe. Aus diesem Grunde höre ich, wie es scheint, den durch das Zurückziehen der Sonde hervorgebrachten Knall von einem klebrig-knisternden Geräusch begleitet, während Hensen ihn vollständig rein hört.

Wie nach den Erfahrungen Chladni's und Biots über die Schallleitung fester Körper im Allgemeinen zu erwarten ist, leitet die dem Trommelfell anliegende Sonde jedes an ihr erzeugte Geräusch mit grosser Intensität, so dass eine für Dabeistehende durchaus unhörbare Berührung auf's Lauteste ins Ohr schallt. Man gewinnt daher in der dem Trommelfell anliegenden Sonde ein Mittel, um leise und

*) Nach Mr. Williams mit Ohrenschmalz. Vgl. William R. Wilde. Praktische Bemerkungen über Ohrenheilkunde u. s. w. Uebers. v. v. Haselberg. Göttingen 1855. pag. 365. Anmerkung.

Nach Bochdalck's Anschauung könnte jene Substanz als das Product einer Schleimhaut aufgefasst werden. Ueber das Foramen Rivini. Prager Vierteljahrsschrift 1866. Bd. I. pag. 44.

in grosser Entfernung an festen Körpern erzeugte Töne und Geräusche durch eine directe Verbindung der Sonde mit dem festen schalleitenden Körper der Gehörswahrnehmung noch zugänglich zu machen, wo alle übrigen bisher angewendeten Kunstmittel den Dienst bereits versagen.

Johannes Müller bediente sich, um schärfer zu hören, zur Bestimmung der Leitungsverschiedenheit und Uebertragungsfähigkeit von Körpern verchiedener Aggregatzustände eines hölzernen Stabes oder „besser einer Glasröhre", welche er mit einem den Gehörgang obturirenden Papierbolzen in Verbindung brachte.*)

Von den Ohrenärzten wird zur Auscultation des Ohres das von Toynbee seit 1853 eingeführte Otoskop**) angewendet, um durch dieses Kunstmittel, welches aus einem elastischen Rohr mit Elfenbeinansätzen besteht, Geräusche wahrzunehmen, welche im Ohr des Kranken künstlich erzeugt werden.

Um nun die Vorzüge der directen Leitung durch die Sonde zu prüfen, stellte ich folgendes Experiment an.

Ein 173 Meter langer aus zwei Hanfdrähten gedrehter Bindfaden von ca. 1 Millimeter Durchmesser wurde mit dem einen Ende an einem Baum befestigt. Von hier aus wurde der Faden durch 6 eiserne Ringe von einigen Millimetern Durchmesser, welche an Bäumen und Mauern eingeschraubt waren, gezogen und durch einen am Fensterkreuz befestigten Ring in ein Zimmer geleitet. Am andern Ende des Zimmers befand sich eine Rolle, über welche das zweite Fadenende geführt wurde, wo durch ein angehängtes Gewicht die ganze Fadenlänge gespannt erhalten ward. Die an den Stegen im Garten zu- und abgehenden Fäden bildeten einen spitzen Winkel; die Entfernung der einzelnen Stege von einander betrug 25 bis 32 Meter. Ueber den ersten Steg, welcher die Leitung des Fadens vom Zimmer in den Garten vermittelte, war derselbe stumpfwinklig geführt. Ungefähr 3½ Meter von diesem Stege am Fensterkreuz entfernt, zwischen ihm und der das Endstück mit dem Gewichte tragenden Rolle, wurden die Sonde, der Müller'sche Conductor und das Otoskop in der Weise befestigt, dass sie zwischen die, den Bindfaden bildenden, Hanfdrähte geschoben und durch die Spannung des Fadens in ihrer Lage erhalten wurden. Die Länge der zur Anwendung kommenden gläsernen Knopfsonde betrug ⅓ Meter; der gläserne Müller'sche Conductor war ⅔ Meter lang und ebenso lang war auch der als Otoskop angewandte Gummischlauch, welchen ich nach v. Tröltsch Vorgange***) etwas zugespitzt, ohne Ansatz, luftdicht ins Ohr einführte.

Um gleichzeitig die Knochenleitung zu prüfen, benutzte ich den Müller'schen Conductor in der Weise, dass ich das Ende desselben mit den Zähnen fasste und die Hörweite bei offenen und bei geschlossenen Gehörgängen mass. Bei der Schwierigkeit, wiederholt ein gleich starkes Geräusch herzustellen, wählte ich als Schallquelle das Streichen des Fadens mit einem Violinbogen, welches von einem geübten Violinspieler mit möglichster Gleichmässigkeit ausgeführt wurde. Derselbe strich in der einen

*) Johannes Müller. Handbuch der Physiologie des Menschen. Band II. pag. 420.

**) Joseph Toynbee. Die Krankheiten des Gehörorgans. Uebersetzt von S. Moos, Würzburg. 1863. pag. 191.

***) Dessen Lehrbuch pag. 182. Anmerk.

Versuchsreihe so leise, dass er selbst kein Geräusch vernahm, in der zweiten Reihe dagegen strich er so stark, dass er deutlich das erzeugte Geräusch vernehmen konnte.

Das Resultat dieser Beobachtungen war folgendes:

Art der Zuleitung zum Ohre.	Hörweite für den Violinbogenstrich, 1. leise gestrichen.	2. stark gestrichen.
I. Müller's Conductor zwischen den Zähnen gehalten,		
a. bei offenen Gehörgängen	52,1 Meter	74,4 Meter
b. bei geschlossenen Gehörgängen	60,7 „	76,7 „
II. Conductor luftdicht im Ohrgange befestigt	93,9 „	116,9 „
III. Gummischlauch „ „ „	67,0 „	77,2 „
VI. Glassonde, dem Trommelfell anliegend	106,9 „	142,5 „

Ohne Zweifel wären die Zahlen enorm viel grösser ausgefallen, wenn der gespannte Faden eine gerade Linie gebildet hätte; denn es ist leicht zu beobachten, wie mit Ueberschreitung eines jeden Steges die Intensität des gehörten Geräusches bedeutend abgeschwächt wird. Ich wählte für den Ort der Leitung einen Garten, um alle Querleitung möglicht auszuschliessen, welche ein früheres auf einem grossen Bodenraume ausgeführtes Experiment sehr getrübt und somit nutzlos gemacht hatte. Wenn ich die Beobachtung selbst im Zimmer, und nicht gleichfalls im Freien vornahm, so geschah dies ebenfalls in Folge früherer Erfahrung, welche mich lehrte, wie sehr der vorhandene Wind die Schärfe der Beobachtung beeinträchtigt.

Die Qualität des durch das Streichen mit dem Violinbogen erzeugten Schalles ist nach der Stärke und Schnelligkeit des Striches verschieden. Während der ersten Versuchsreihe erhielt ich nur den Eindruck eines schabenden Geräusches, dagegen wurde dasselbe beim stärkeren und schnelleren Streichen von einem Ton begleitet.

Versuche über das Hören im Wasser.

An die im vorigen Abschnitte beschriebenen Sondenversuche reihen sich einige Experimente, bei denen das Trommelfell durch Belastung mit einer Wassersäule in seinen Schwingungen modificirt werden sollte.

Es hat schon Eduard Weber*) die Idee gehabt, durch Einführung von Wasser in den Gehörgang, die Bewegungen des Trommelfells zu hemmen. Er ist dabei zu dem Resultate gekommen, dass der Schall nur in so fern verändert sei, als er ihn als eine Empfindung im Innern des Kopfes wahrnahm und nicht unterscheiden konnte, ob er von rechts oder links komme. Weber vindicirte dem sehr nervenreichen Trommelfelle die Fähigkeit, zu entscheiden, von welcher Seite ein Schall das Ohr treffe. Durch Belastung mit Wasser sollte diese Membran unfähig gemacht werden, diese Function zu erfüllen.

*) Berichte über die Verhandlungen der kgl. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Mathematisch physische Classe. Leipzig. 1851. pag. 30.

Wir haben diese Versuche drei Mal zu verschiedenen Zeiten wiederholt, auch wie Weber zwei Untersuchungsreihen über das Hören im Wasser angestellt, indem wir einmal die Luft im Gehörgange zurückhielten und im zweiten Falle den Gehörgang mit Wasser anfüllten, bei strenger Vermeidung von Luftbläschen in demselben.

Die ersten im Jahre 1865 angestellten Versuche, über welche ich damals dem hiesigen physiologischen Vereine referirte, wurden von Herrn Professor Hensen und mir gemacht. Bei den in jüngster Zeit wiederholten zwei Versuchen leistete mir Herr Dähnhardt den Dienst, meine Angaben zu notiren. Die Beobachtungsprotocolle sind im Wesentlichen vollkommen übereinstimmend. Bevor ich näher auf die einzelnen Versuche eingehe, muss ich schon hier bemerken, dass unsere Resultate mit den Weber'schen durchaus nicht übereinstimmen.

Wohl ist das Hören der eigenen Sprache bei mit Wasser belastetem Trommelfell derartig modificirt, dass der Vergleich mit „einer im Innern des Kopfes wahrgenommenen Empfindung" zulässig erscheint; es hat jedoch dieser Vergleich keine Bedeutung für das Hören anderer Schallquellen. Für in der Luft erzeugte Schalle, sei es die Sprache oder der Gesang eines Anderen, seien es andere Schallquellen, ist das Ohr einfach schwerhöriger, und zwar weniger bei lufthaltigen Gehörgängen, als wenn auch der Gehörgang mit Wasser angefüllt ist. Man hört alle lauten Töne und Geräusche dumpfer, als aus weiter Ferne herkommend; und man verliert bei beiden Methoden, sowohl bei lufthaltigen, als auch bei wasserhaltigen Gehörgängen, nicht nur beim völligen Untertauchen unter Wasser, sondern auch dann, wenn die Mund- und Nasenöffnung über den Wasserspiegel erhoben werden, jegliche Fähigkeit, mit Genauigkeit anzugeben, ob ein Schall rechts oder links, hinten oder vorn vom Experimentirenden erzeugt wird.

Unsere Versuche wurden in einer Badewanne vorgenommen, in welcher das 30 bis 32° Cels. warme Wasser eine Tiefe von ⅔ Meter hatte.

Bei völligem Untertauchen mit lufthaltigen Gehörgängen unter Wasser, wobei die Respiration durch eine nach aussen geleitete Röhre unterhalten werden konnte, trat eine merkliche Schwerhörigkeit gegen die Sprache ein. Es wurde die laute Sprache bis zur Grenze ihrer Abschwächung gehört und verstanden; Flüstersprache wurde jedoch nicht mehr gehört; ebenso wurde auch die in der Luft schwingende Stimmgabel nicht gehört, selbst dann nicht, wenn ich mich bis nahe an die Oberfläche des Wassers erhob. Nicht sehr lautes Singen hoher und tiefer Töne, Fingerknicksen und Flöten wurde noch bis an die Grenze des Zimmers, welche von der Badewanne 3½ Meter entfernt war, deutlich gehört. Die auf dem Rand der Badewanne abklingende Stimmgabel wurde als lauter Glockenton wahrgenommen. Das Abklingen der Stimmgabel auf dem Fensterkreuz und dem hölzernen Balken der entgegengesetzten Wand des Badezimmers wurde sehr deutlich gehört; dagegen war dieser Ton bis zur Grenze des Hörbaren abgeschwächt, wenn man die Stimmgabel auf den Mauersteinen der Wand in gleicher Entfernung von der Badewanne abklingen liess.*) Wie schon oben bemerkt wurde, war ich ausser Stande, bei geschlossenen Augen, die Richtung der verschiedenen Schallquellen zu bestimmen.

Die auf dem Schädeldach abklingende Stimmgabel wurde als ein sehr starker Ton gehört; weniger stark von der Patella und der grossen Zehe aus; auffallend geschwächt von oberflächlich liegenden Knochenpunkten des Oberarmes aus. Der Stimmgabelton war lauter, wenn der Stiel der

*) Die Wände des Zimmers bestanden aus Fachwerk; der Fussboden war ein hölzerner.

Gabel unterhalb des Wasserspiegels auf die bezeichneten Punkte gesetzt wurde, als wenn dies oberhalb des Niveaus geschah. Das willkürlich erzeugte knackende Geräusch (siehe unten) wurde unverändert gehört.

Der zweite Versuch, bei welchem es sich darum handelte, alle Luft aus dem Gehörgange zu vertreiben und durch Wasser zu ersetzen, wurde in zweifacher Weise ausgeführt. In beiden Fällen geschah die sorgfältige Füllung der Gehörgänge mittelst einer Spritze, während sich der Experimentirende in der Seitenlage unter Wasser befand, das betreffende Ohr eben oberhalb des Niveaus haltend, wobei durch einen nach aussen geleiteten Schlauch die Athmung ermöglicht wurde. Erst wenn sich der Beobachtende überzeugt hatte, dass alle Luft aus dem Gehörgange entfernt war,*) tauchte ich mit dem Ohre ganz unter und brachte nun das zweite Ohr in gleicher Weise an die Oberfläche. Nachdem nun das beide Ohrgänge füllende Wasser mit dem Wasser der Badewanne communicirte, begannen die Hörversuche, indem ich bald möglichst tief untertauchte, bald — für gewisse Beobachtungen — Nasen- und Mundöffnung aus dem Wasser hervorhielt.

Es traten nun gleich zwei wesentliche Erscheinungen mit ausgezeichneter Prägnanz hervor. Der Beobachtende erschrak über mein bedeutend lauteres Sprechen, während ich glaubte, mit der gewöhnlichen Stärke zu sprechen. Ich hatte das Mass für die Stärke meines Tons verloren.

Bei näherer Untersuchung zeigte sich zunächst, dass dieser Verlust nur die laute Sprache betraf, dagegen die Flüstersprache ziemlich unverändert vernehmbar war. Wir versuchten den Grad dieser Veränderung näher zu bestimmen; dabei erwies es sich jedoch als unmöglich, die laute Sprache so zu mässigen, dass der Sprechende gar nichts davon vernahm; dagegen trat der Fall ein, dass ich als Sprechender meine Sprache selbst wohl noch hören, aber nicht mehr verstehen konnte, während sie von Hensen noch in einer Entfernung von einem Meter deutlich verstanden ward. Einzelne Vokale leise genug zu singen und zu sprechen, um sie für mich selbst unhörbar zu machen, war nicht möglich. Als ein auffallender Gegensatz zur lauten Sprache erscheint es, dass der Experimentirende im Stande ist, seine eigene leiseste Flüstersprache ganz deutlich zu hören und zu verstehen, während der Beobachtende sie absolut nicht mehr hört, sondern nur noch an den Mundbewegungen das Sprechen sieht.

Das zweite auffallende Phänomen betraf das eigne, enorm viel lautere Hören aller Muskelgeräusche. Sogleich beim Untertauchen bemerkte ich einen tiefen anhaltenden Ton, der in unregelmässiger Periodicität mit Geräuschen, deren Grundtöne sehr nahe liegen mussten, vermischt wurde. Sehr bald erkannte ich, dass die periodischen Schwankungen des Geräusches von den Bewegungen meines Kopfes abhängig waren. Um mich nun noch genauer zu überzeugen, dass das von mir mit bedeutender Resonnanz gehörte Muskelgeräusch wirklich durch die Contractionen der Muskeln bedingt war, erregte ich verschiedene Muskelgruppen willkürlich und konnte dadurch meine Voraussetzung auf's Schlagendste bestätigen. Von einer Contraction meiner Kaumuskeln musste ich absehen, weil ich den Respirationsschlauch im Munde hielt; dagegen brachte aber jede Vibration meines Musc. orbicularis palpebrarum eine entsprechende Anschwellung des continuirlichen Tones hervor, welche mit dem Nachlassen der Contraction wieder abschwoll. In gleicher Weise prüpfte ich den M. Frontalis, die Zygomatici, die Nasen-, Hals- und Nackenmuskeln. Es war mir nicht möglich, meine sämmtlichen Körpermuskeln so sehr zu erschlaffen, um das mir so bekannte Geräusch gar nicht mehr zu hören. Auch wenn

*) Die vollständige Entfernung aller Luft ist, wie ich mich überzeugte, durchaus nothwendig, um das Resultat des Experimentes in allen Punkten bestätigen zu können.

mir das für die übrigen Muskeln gelungen wäre, so würde doch immer noch die Thätigkeit der Lippenmuskulatur, zur Haltung des Respirationsschlauches, und die Muskulatur der, die Nase schliessenden Hand übriggeblieben sein, um eine ausreichende Quelle der Tonerzeugung zu bilden.

Als ich vor 3½ Jahren dieses Experiment zum ersten Male anstellte, habe ich wohl denselben Ton gehört; ich kannte jedoch damals das Muskelgeräusch kaum dem Namen nach, so dass ich einen Hauptwerth dieses Experimentes erst bei den letzten Wiederholungen erkennen konnte. Ich werde weiter unten noch einmal auf den Werth dieser Beobachtung zurückkommen. Erwähnen will ich noch, dass ich während meines letzten Experimentes die Töne meines etwas aufgeregt pulsirenden Herzens sehr deutlich hörte, und zwar hörte ich die Systole gleichsam als eine periodische Anschwellung des Muskeltons, während der diastolische Ton davon abwich; letzterer lag offenbar höher, jedoch bei weitem nicht so hoch und erschien nicht mit jenem Timbre, wie man ihn stethoscopisch bei Anderen zu hören gewohnt ist.

Was nun die Hörfähigkeit für verschiedene Schallquellen anbetrifft, so wurden die Proben der vorigen Versuchsreihe wiederholt und es ergab sich im Wesentlichen das gleiche Resultat, nur dass qualitativ das Hören verändert war.

Die unter Wasser nicht mehr gehörte, in der Luft tönende Stimmgabel konnte ich noch bis zu einer Entfernung von 17 Centimeter hören, wenn ich Nase und Mund aus dem Wasser hervorhielt. Der durch feste Körper und durch den eigenen Körper dem Ohr zugeleitete Ton der abklingenden Stimmgabel wurde ebenso stark gehört, als wenn Luft in den Ohrgängen enthalten war. Auch hier war die abgeschwächte Leitung durch die obere Extremität, im Verhältniss zur unteren, sehr auffallend.

Das Ticken der Taschenuhr in der Luft hörte ich beim Untertauchen gar nicht, auch dann nicht, wenn sie der Nasenöffnung auf's Aeusserste genähert ward Sobald aber die Uhr unter Wasser gehalten ward, hörte ich sie bis zu einer Entfernung von 14 CM.

Nahm ich die Uhr zwischen die Zähne, so hörte ich das Ticken sehr deutlich; ebenso von allen Theilen der Schädeldecke aus; die äusserste Grenze des Hörbaren bei directer Anlagerung war der siebente Halswirbeldornfortsatz. Vom Nasenbein aus wurde sie noch schwach, vom Nasenknorpel aus nicht mehr gehört.

Wenn flüsternd zu mir gesprochen wurde, so hörte ich wohl einzelne die Sprache componirende Geräusche, aber ich war nicht im Stande die Flüstersprache zu verstehen, weder dann, wenn ich völlig untertauchte, noch dann, wenn der Sprechende dicht vor meinem emporgehaltenen, geöffneten Munde sprach.

Um nun noch den Einfluss des gesteigerten Druckes zu bestimmen, wurden zwei mit einem Esmarch'schen Irrigator in Verbindung stehende Gummischläuche, während das Wasser aus ihnen ausfloss, unterhalb Wasser in die mit Wasser gefüllten Gehörgänge dicht eingeführt und dann der Irrigator erhoben. Als die auf den Trommelfellen tastende Wassersäule 72 CM. betrug, trat ein leichtes Druckgefühl ein, welches sich auf dem linken Ohre zu einem geringen Schmerzgefühl zu steigern anfing als die Säule 126 CM. mass. Begreiflicherweise wurde unter diesem Druck nicht lange experimentirt, aber es konnte doch constatirt werden, dass ich für die Sprache durchaus nicht schwerhöriger war, als bei geringerem Druck, was ich desshalb hervorhebe, weil Politzer*) geneigt ist, die vorübergehende Schwerhörigkeit während des Gähnens für eine Folge erhöhten Labyrinthdruckes zu halten, hervorgerufen

*) Politzer. Archiv für Ohrenheilkunde. Bd. IV. Heft 1. pag. 21.

durch eine mit dem Gähnact zusammenfallende unwillkürliche Contraction des Tensor tympani. Ich will hier nicht auf diesen letzten Punkt eingehen, aber ich beziehe die Schwerhörigkeit beim Gähnact allein darauf, dass das Muskelgeräusch bei demselben so sehr Alles übertönt, dass die entferntere Schallquelle der Sprache des Nebensitzenden undeutlicher gehört wird. Allerdings gehört zur richtigen Würdigung des so oft unwillkürlich gehörten Muskelgeräusches strenge Aufmerksamkeit und gewohnte Uebung. Auch die Deutung des Ohrensingens, als eine Wirkung der Zunahme des positiven Druckes im Labyrinthe, welche Lucae*) gegeben hat, wird durch diesen Versuch nicht bestätigt; es gelang meiner strengsten Aufmerksamkeit nicht, dieses „hohe, leise Klingen" während des Druckes wahrzunehmen. Auch nach diesem Versuch blieb jede subjective Gehörsempfindung aus.

Als ich zum ersten Male unvorsichtiger Weise mit kaltem Wasser experimentirte, entstand gleich nach dem oben beschriebenen Versuche ein entotisches Geräusch, welches ungefähr zwei Minuten anhielt. Dasselbe war einem Glockenton von mittlerer Tiefe vergleichbar, und habe ich die Ursache desselben in einer tetanischen Contraction des Musculus tensor tympani zu finden gesucht. Wenn meine Voraussetzung richtig ist, so erregte in diesem einzigen Falle die Muskelcontraction einen wirklich reinen Ton, dem alle Beimischung von Geräuschen fehlte. Dieser Ton lag offenbar viel höher, als der dem sonst gehörten Muskelgeräusch eigenthümliche Grundton. Ich habe diesen nur einmal erlebten Tetanus als eine Reflexwirkung der abnorm gereizten sensiblen Nerven des Gehörgangs, resp. des Trommelfells aufgefasst. Um nach dieser Abschweifung wieder auf mein Experiment zurückzukommen, habe ich noch zu erwähnen, dass der negative Druck auf das Trommelfell wesentlich anders wirkt, als der positive. Während, wie schon gesagt, beim Erheben des Niveaus im Irrigator über eine durch das Trommelfell gelegte horizontale Ebene erst bei 72 CM. ein leichtes Druckgefühl entstand, und erst eine Steigerung des Druckes von 126 CM. ein geringes Schmerzgefühl im linken Ohre bewirkte, war die Senkung des Niveaus unter diese Ebene schon von Anfang an unangenehm, und es steigerte sich dieses Gefühl schon bei 32 CM. Senkung zum Unerträglichen in beiden Ohren.

Um noch zu prüfen, in wie weit das Trommelfell durch die einseitige Wasserbelastung in seiner Leitungsfähigkeit beeinträchtigt sei, liess ich im Irrigator Geräusche erzeugen, welche durch die Wassersäule im Schlauche fortgepflanzt, das Trommelfell treffen mussten. Dazu wurde eine weite Glasröhre benutzt, in welcher eine Bleikugel an einem Faden hing. Wurde diese schlecht nachgeahmte Glocke mit Wasser gefüllt, im Irrigator hin- und herbewegt, so hörte ich den klappenden Ton durch die ungefähr $1\frac{1}{2}$ Meter lange Wassersäule sehr deutlich. Gleichfalls deutlich hörte ich das Geräusch, welches dadurch erzeugt wurde, wenn der Inhalt einer Spritze in das Wasser des Irrigators gespritzt wurde aber ich hörte den einzelnen auf die Oberfläche fallenden Wassertropfen nicht mehr.

Dieses letzte Experiment kann nur untergeordneten Werth haben, da es nach früheren Versuchen bekannt ist, dass feste Körper, welche eine Flüssigkeitssäule einschliessen, die Schallwellen der letzteren sehr gut zu resoniren vermögen.**) Allerdings hörte ich das Anschlagen der Bleikugel an die Glasröhre nicht als einen an den Wänden des Irrigators erregten Ton, und wenn ich somit auch ein Mittönen der durch die haltende Hand gedämpften Irrigatorwände ausschliessen kann, so bleibt doch immer noch die Uebertragung durch den Kautschukschlauch an die Wände des Gehörganges als ein das Experiment trübendes Moment übrig.

*) Lucae. Archiv für Ohrenheilkunde. Bd. IV. Heft I. pag. 39.

**) Harless. Artikel „Hören" im Handwörterbuch der Physiologie. Bd. IV. pag. 339.

Ueber einige entotische Geräusche.

Das bereits im vorigen Abschnitte erwähnte Geräusch, welches durch die, von der Hand gehaltenen, Sonde dem Ohre zugeführt wird, führte uns auf das schwierige Gebiet der sogenannten subjectiven Geräusche, über welche viele Versuche angestellt wurden.

Ausgehend von pathologischen Erfahrungen erzeugte Harless*) ein dumpfes Sausen im Ohre, wenn er den Finger in den Gehörgang einführte. Er nahm dann zweierlei wahr: „ein Geräusch, ganz ähnlich dem Sausen, welches uns aus einer vor das Ohr gehaltenen Muschel zu kommen scheint, und unter gunstigen Bedingungen einen Klang, welcher zuerst mit grösseren Intervallen wie das Picken einer Taschenuhr auftritt, bei tieferem Einführen des Fingers aber continuirlich wird."

Nachdem Harless den Werth der allgemein angenommenen Deutung, dass das Sausen durch Luftströmungen bedingt sei, besprochen, sucht er die weiteren Ursachen dieser Geräusche in den Stimmbändern und in den Strömungen des Blutes, weil das Geräusch noch fortdauert, wenn der Gehörgang so fest verstopft wird, dass eine Luftströmung nicht mehr stattfinden kann und weil das durch den Consonanten Ch charakterisirte Geräusch mit den Respirationsbewegungen zusammenfällt, während das in den Pausen fortdauernde Geräusch den Consonanten F. hat. Harless warnt davor, den Verschluss mit dem Finger zu bewerkstelligen, weil dadurch ein klingender Ton erzeugt werde, welcher als der „Grundton des Trommelfells" zu betrachten sei.

Durch die mir erworbene Fähigkeit, meinen Musculus tensor veli palati willkürlich isolirt zu contrahiren und längere Zeit in tetanischer Contraction zu erhalten, habe ich eine genaue Kenntniss des durch jene Contraction erzeugten Muskeltones, den ich bei offenen Gehörgängen fast besser höre, als bei geschlossenen, erlangt. Ausserdem ist ja ein Jeder im Stande, bei verschlossenen Gehörgängen den Ton seiner contrahirten Kau-, Gesichts- und Halsmuskeln zu hören.**) Mit der Kenntniss dieses Tones ist es nicht schwer die Aehnlichkeit des Grundtons jenes continuirlichen Geräusches zu constatiren, welches der in den Ohrgang eingeführte Finger erzeugt, und es liegt nahe die Finger- und Armmuskeln als Schallquelle dafür in Anspruch zu nehmen. Schliesst man den Gehörgang durch ein anderes Medium, (ich bediene mich am besten einer konisch zugeschmolzenen Glasröhre, über welche ein mit der Scheere zugeschärfter Kautschukschlauch geschoben wird) so ist es wesentlich von der Ruhe oder Thätigkeit der Hals- und Kopfmuskeln abhängig, ob das Geräusch verschwindet, schwach oder stark hörbar wird. Vermuthlich ist es dieses Geräusch, welches für Harless durch den Consonanten F characterisirt war. Ich habe diese Eigenthümlichkeit des Geräusches nicht constatiren können, wohl aber seine Fortdauer während der Respirationspausen. Das von mir nie vermisste, mit der Respiration synchronische Geräusch, welches als characteristischen Consonanten Ch hat, ist unzweifelhaft durch die Reibung erzeugt, welche die Luft im Nasenraum erfährt. Man hört dasselbe bei offenen Ohrgängen nur dann, wenn der Nasenraum durch Schwellung der Schleimhaut beengt ist, oder wenn man die Respirationsbewegungen forcirt. Um beim ruhigen Athmen gehört zu werden, bedarf es der Resonanz im geschlossenen Gehörgange. Dass dieses Geräusch nicht an den Stimmbändern, wie Harless annimmt, erzeugt wird, geht einfach daraus hervor, dass es verschieden ist, ob ich durch die Nase oder durch den Mund respirire.

---

*) Handwörterbuch der Physiologie. Bd. IV. pag. 413.

**) Vgl. Helmholz. Mittheilung in den Monatsberichten der Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1864. Mai.

So oft ich auch nach starken geistigen Anstrenguugen und psychischen Aufregungen während der Nachtruhe die vom Herzen fortgepflanzten nicht nur systolischen, sondern auch diastolischen Herztöne durch die Carotidenpulsation gehört habe, so bin ich doch ausser Stande, durch einfachen Verschluss der Ohrgänge ein Geräusch hörbar zu machen, welches ich auf die Strömungen des Blutes beziehen könnte. Bei einfach obturirten Gehörgängen hängt es von der relativen Ruhe der Kopf- und Halsmuskeln ab, ob man die durch ihre molecularen Bewegungen erzeugten Schwingungen kaum, schwach oder stärker hört. Stärker hört man den Muskelton, wenn man die Kau- und Gesichtsmuskeln in Contraction versetzt; am stärksten jedoch, wenn man die Finger der Hand an den Obturator legt. Dieses dem Ohre zugeleitete Muskelgeräusch der Hand ist übrigens von einem anderen unregelmässigen Geräusch unterbrochen, welches einen krachenden, bei stärkerer Compression einen mehr klingenden Charakter an sich trägt, und dessen Grundton entschieden sehr hoch liegt. Durch starkes Einpressen des Obturators in den Gehörgang ist man im Stande, das ursprüngliche Muskelgeräusch unhörbar zu machen, während man dann die begleitenden krachenden und kingenden Geräusche isolirt sehr deutlich hört und im Stande ist zu beachten, dass sie von den Bewegungen der Finger und Hand abhängig sind, mit grösster Wahrscheinlichkeit also die Quelle dieser Geräusche in den Gelenken und Sehnenscheiden derselben zu suchen ist. Ich glaube, dass diese Erklärung näher liegt, als diejenige, welche Harless dadurch zu geben suchte, dass er den hohen Klang jener Geräusche als den „Grundton des Trommelfells“ ansprach, dessen Periodicität durch die „Vibrationen des Fingers“ bedingt sei.*) Wenn beim starken Einpressen des Obturators in den Ohrgang die Luft verdichtet, mithin das Trommelfell stärker gespannt wird, so ist es nach den Erfahrungen Wollaston's nnd Johannes Müller's leicht erklärlich, dass das Ohr für den tiefen Muskelton taub wird, während der hohe in den Gelenken erzeugte Ton mit grosser Deutlichkeit intensiv übertragen wird. So überzeugte auch ich mich, dass ich bei obturirten Gehörgängen, wobei eine gewisse Compression der Luft nicht auszuschliessen ist, das tiefe Geräusch des eigenen Fusstrittes gewissermasser besser fühlte als hörte, dass ich das dumpfe Dröhnen vorbeifahrender Lastwagen kaum, dagegen den bekannten hohen Ton einer Schaar vorbeifliegender Mauerschwalben fast intensiver als mit offenen Ohren hörte. Ebenso verhielt sich das geschlossene Ohr vielen andern tiefen und hohen Schallquellen gegenüber. Bequemer ist die Obturation des Gehörganges mit nachfolgender Compression der Luft durch einen luftdicht eingeführten, mit einem Ballon in Verbindung stehenden Gummischlauch auszuführen. Das blosse Erfassen des Gummiballons genügt, um den tiefen Muskelton der Hand dem Ohre zuzuführen; bei stärkerer Compression mit der Hand wird man dann leicht meine übrigen oben gemachten Angaben bestätigen können. Verwendet man aber zur Compression des Gummiballons, anstatt der Hand irgend eine andre Vorrichtung, bei möglichster Vermeidung aller accessorischen Geräusche, so wird man wohl die stärkere Spannung des Trommelfells fühlen, man wird sich jedoch überzeugen, dass die beschriebenen Muskel- und Gelenkgeräusche fehlen.

Was noch speciell „das bekannte und oft bezweifelte“ Muskelgeräusch anbetrifft, so ist die Höhe des Grundtons des musikalischen Theils desselben von Hanghton***) als ein Ton von 32 bis 36

*) a. à. O. pag. 414.

**) Müller's Physologie Bd. II. pag. 437.

***) Outlines of a new theory of muscular action, being a thesis read for the degree of Doctor in Medicine etc. London 1863.

Schwingungen bestimmt worden. Bald darauf hat Helmholtz*), in Uebereinstimmung mit Wollaston für den Grundton seiner Kaumuskeln 35 bis 36 Schwingungen angenommen. Nach neueren Untersuchungen von Helmholtz**), welche ergaben, dass sich die Muskeln nur 18 bis 20 Mal in der Sekunde zusammenziehen, ist der gehörte Muskelton als der erste Oberton desjenigen Grundtons zu betrachten, dessen Schwingungszahl durch die Zahl der Contractionen bedingt ist, der aber, seiner geringen Schwingungszahl halber, nicht mehr als Ton empfunden werden kann.

Darauf folgende Untersuchungen, welche den Zweck hatten, einen Eigenton des schalleitenden Apparates zu bestimmen, führten Helmholtz dazu, den Muskelton für den durch die Muskelcontraction erregten Resonanzton des eignen Ohres zu erklären***). Wir haben gefunden, dass der contrahirte, Daumenballen, wenn wir ihn seine Schwingungen aufschreiben liessen, 12 bis 13 Wellen in der Secunde zeichnete†). Eine Bestimmung der Tonhöhe des Muskeltons gelang uns nicht. Wir müssen jedoch offen gestehen, dass uns derselbe näher dem Tone zu liegen schien, welchen eine Stimmgabel von 100 Schwingungen erzeugte; höchstens schien er etwas tiefer zu sein, aber nicht so tief, wie Helmholtz ihn bestimmte, der ihm 36 Schwingungen zuerkennt. Jedoch hat Helmholtz in dieser Frage unbedingt ein viel competenteres Urtheil, als wir.

Das Ergebniss meiner Experimente über das Hören im Wasser, bei mit Wasser gefüllten Gehörgängen, (siehe oben) stimmt mit der Hypothese von Helmholtz, dass der für den Muskelton gehaltene Ton, resp. dessen Grundton ein durch unregelmässige Erschütterungen der Muskeln hervorgebrachter Eigenton oder Resonanzton des Trommelfells, oder des ganzen schalleitenden Apparates sei, auf dessen Höhe die Spannung des Trommelfells einen Einfluss habe††), nicht überein. Wenigstens fällt vom „ganzen schallleitenden Apparat" der Gehörgang aus, und das Trommelfell ist wesentlich in seinem Schwingungen modificirt, so dass die Paukenhöhle mit den Gehörknöchelchen und der in ihr und ihren Nebenhöhlen enthaltenen Luft allein unverändert bleibt, deren Eigenton, durch die Muskelcontractionen erregt, dem fraglichen Muskelgeräusche entsprechen würde. Dass es das Trommelfell nicht sein kann, welches durch den adäquaten Reiz der Muskelvibrationen erregt, seinen Eigen- oder Resonnanzton dem Hörnerven zuführt, dafür spricht die wesentliche Modification seines normalen Verhaltens durch die einseitige Wasserbelastung. Dass durch seine stärkere Spannung — die auf dem Trommelfell lastende Wassersäule war ungefähr ½ Meter hoch — der Muskelton erhöht wird, ist möglich, und ich muss gestehen, dass es mir sogar so schien. Gleichzeitig muss ich jedoch offen bekennen, dass mein Gehör weder die Fähigkeit noch Uebung besitzt, in rein musikalischen Fragen meinem Urtheil die erforderliche Kritik für die genaue Unterscheidung zu bieten.

---

*) Monatsberichte der kgl. preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Mai 1864.

**) Heule, Keferstein und Meissner. Bericht über die Fortschritte der Anatomie und Physiologie. 1867.

***) Meissners Bericht. 1867. pag. 486. u. 611.

†) Eine Glasröhre ward an ihren beiden erweiterten Oeffnungen mit zwei Membranen versehen und unbeweglich vor einem geschwärzten drehbaren Cylinder befestigt. Auf die eine Membran ward eine schreibende Feder geklebt, an die andere der contrahirte Daumenballen gelegt, und nun nach den Schwingungen einer gleichfalls schreibenden Stimmgabel die Geschwindigkeit und die Zahl der durch die Contraction bewirkten Wellen gezählt.

††) Meissner's Bericht pag. 486.

Mit Bestimmtheit kann ich nur behaupten, dass der Muskelton — ich wählte zu seiner speciellen Prüfung die Gesichtsmuskeln — bei mit Wasser belastetem Trommelfell enorm viel stärker gehört wird, als in jeder andern Art seiner Hörbarmachung.

Wenn ich nun noch des bekannten knackenden Geräusches im Ohre erwähne, so geschieht dies, weil es mir im Laufe meiner Untersuchungen gelang, dasselbe willkürlich zu erzeugen.

Bis zum Jahre 1862 hat man dieses Geräusch fast allgemein für die Contractionswirkung des M. tensor tympani gehalten. Johannes Müller*), welcher dasselbe in beiden Ohren willkürlich erzeugen konnte, beschreibt es wie folgt: „Das Geräusch besteht in einem Knacken, wie das Knistern des electrischen Funkens, oder wie wenn man die klebrig gemachte Fingerspitze auf Papier drückt und dann plötzlich abzieht.“ Er konnte es auch für Andere theils mit, theils ohne Kunsthülfe bis auf 3 Fuss Entfernung hörbar machen. Er sucht den Beweis zu führen, „dass dieses Geräusch wirklich durch die Zusammenziehung des Tensor tympani und seine Wirkung auf das Trommelfell hervorgebracht wird, indem er es nach innen zieht, was einem Stoss von aussen gleich ist.“ Dasselbe ihm „so wohlbekannte Knacken“ hörte Müller auch zuweilen, wenn er bei Schliessung der Nase und des Mundes Luft durch die Tube trieb, in demjenigen Momente, wo er mit dem Drucke nachliess, wo also das Trommelfell wieder in seine Lage kommt. Auch dieser Ton konnte von einer zweiten Person gehört werden Beim jedesmaligen willkürlichen Knacken wurde der weiche Gaumen erhoben. Diese Thatsache führte ihn der richtigen Erklärung sehr nahe. Weil er jedoch bei hocherhobenen Gaumen auch noch im Stande war, das Knacken willkürlich zu erzeugen, hauptsächlich aber, weil das Geräusch auch von Andern auf mehrere Fuss Entfernung gehört werden konnte, bezog er dasselbe auf die Wirkung einer willkürlichen Contraction des M. tensor tympani.

Das Geräusch dürfte mehr oder minder jedem Menschen bekannt sein, welcher seine Aufmerksamkeit darauf richtet, da es beim Gähnen, Schlucken, Kauen, Niesen, Schnäuzen immer, resp. häufig, unwillkürlich eintritt.

Fabricius von Aquapendente war der Erste, welcher dasselbe willkürlich erzeugen konnte und beschrieb **) Auch er hielt es für die Wirkung einer Bewegung des Hammermuskels. Dasselbe that Harless***), glaubte jedoch nach Experimenten an der Leiche eine bessere Erklärung als Müller geben zu können, indem er durch Drehung des Hammerkopfes, im Sinne der Tensorwirkung, eine Falte im Trommelfell erzeugte, deren Ausgleichung jenes Geräusch hervorbringen sollte. Funke†) vermuthet, dass das knackende Geräusch, analog dem plötzlichen Dehnen eines Fingers, auf das rasche Auseinanderweichen der Gelenkflächen zwischen Hammer und Ambos zurückzuführen sei, demnach also nur bei erschlafftem Hammermuskel eintreten könne, weil er es nicht, wie Müller, am Schlusse, sondern im Beginne des Valsalva'schen Versuches hört, wo bekanntlich das Trommelfell und mit demselben der Hammergriff durch den Luftdruck nach aussen getrieben wird.

---

*) Handbuch der Physiologie. Bd. II. pag. 439.

**) C. G. Lincke. Handbuch der theorethischen und praktischen Ohrenheilkunde. Leipzig. 1837. Bd. I. pag. 472.

***) Handwörterbuch der Physiologie. Band IV. pag. 415.

†) O. Funke. Lehrbuch der Physiologie. 4. Auflage. Bd. II. pag. 132.

Nach J. Ranke*) scheint das knackende Geräusch vielfach als Muskelgeräusch gedeutet zu sein**). Indem er diese Ansicht verwirft, lasst er das Geräusch gleichfalls durch die plötzliche Spannung des Trommelfells bei der Contraction des Tensor tympani entstehen.

H. v. Luschka, welcher ebenfalls im Stande ist, jenes „knitternde" Geräusch willkürlich zu erzeugen, erklärte dasselbe auch für das Ergebniss der willkürlichen Bewegung des Trommelfells, bis er den wahren Sachverhalt entdeckte.

Anatomische Untersuchungen haben Luschka dazu geführt, das Geräusch jetzt davon abzuleiten, dass durch die Gaumenmuskulatur, zunächst und hauptsächlich durch den Muskulus tensor veli, die membranöse Wand der Tuba von der knorpeligen rasch abgezogen wird.***) Er unterstützt diese Ansicht dadurch, dass mit der jedesmaligen Erregung des Geräusches stets eine Bewegung des Gaumensegels verbunden ist, sowie dadurch, dass von Tröltsch durch die directe Inspection nicht die geringste Bewegung des Trommelfells bei ihm wahrnehmen konnte.

Gleichzeitig und unabhängig von Luschka hat Adam Politzer†) zuerst den experimentellen Beweis geliefert, dass die knorpelige Tuba Eustachii der Entstehungsort dieses Geräusches sei, dadurch hervorgerufen, dass durch die Contraction des Musc. tensor veli, oder wie Tröltsch ihn bezeichnet, des Abductor tubae, die sich gegenüber dicht anliegenden Schleimhautflächen der Ohrtrompete plötzlich von einander entfernt werden. Eine damit verbundene Trommelfellbewegung konnte auch Politzer nicht nachweisen. In einem Falle, wo das knackende Geräusch unwillkürlich und räthselhafter Weise isochronisch mit dem Pulse und mit Bewegungen des Kehlkopfs und der Gaumenklappe auftrat, konnte Boeck††) die Angaben Luschka's und Politzer's durch die Rhinoscopie am Lebenden bestätigen. Er sah, wie die vordere Lippe der Ohrtrompete von der hintern abgezogen wurde, und wieder an dieselbe rückte.

Die Zahl derjenigen Menschen, welche befähigt sind, durch willkürliche Contraction des M. abductor tubae ihre Tuba Eustachii zu öffnen, ist ohne Zweifel grösser, als man bisher annahm. Ausser mir sind meines Wissens in Kiel noch Herr Professor Esmarch und die Commilitonen Baumeister Ochsen, Heussner und Petersen im Stande, jenes Knacken willkürlich zu erzeugen und durch ein Otoskop für Andre hörbar zu machen. Auch Herr Professor Hensen gewinnt mehr und mehr die Fähigkeit, dasselbe seinem Willen zu unterwerfen.

Wir Beide hatten es gelernt, indem wir die Erfahrung benutzten, dass es im Vorstadium des Gähnens auftritt, und um es zunächst hervorzurufen, muss man sich bemühen, den Gähnact künstlich einzuleiten. Wenn das Geräusch bei mir während des Kauens unwillkürlich auftritt, so geschieht es in demjenigen Momente, wenn ich die Kiefer ein Weniges von einander entfernt habe. Beim weitesten Aufsperren des Mundes bin ich nur selten im Stande, das Geräusch mehr als einmal zu erzeugen, während ich den Ton des sich willkürlich contrahirenden Muskels deutlich höre; wie es scheint, wird in die Kieferserlage die Tuba dauernd offen erhalten. Eine starke Beugung des Kopfes nach hinten be-

*) Johannes Ranke. Grundzüge der Physiologie des Menschen. Leipzig 1868. pag. 713.

**) Ich habe eine derartige Deutung in der mir zugänglichen Literatur nicht finden können.

***) Luschka. Die Anatomie des menschlichen Halses. Tübingen 1862. pag. 212.

†) Schwartze. Die wissenschaftliche Entwicklung der Ohrenheilkunde. Archiv für Ohrenheilkunde Bd. I. Heft 1. Politzer's Originalarbeit (Wiener Medicinalhalle 1862. Nr. 18.) war durch den Buchhandel nicht mehr aufzutreiben.

††) Archiv für Ohrenheilkunde Bd. II. Heft 3.

günstigt für den Ungeübten die willkürliche Herstellung des Geräusches; und ich bin geneigt, dies durch eine stärkere Spannung der Fascia salpingo-pharyngea zu erklären, da von ihr einzelne Fasern des M. abductor tubae ihren Ursprung nehmen.*)

Der aufmerksame Beobachter wird indessen das knackende Geräusch nicht herstellen können, ohne kurz vorher und während desselben das Geräusch des thätigen Muskels zu hören**); er braucht dem Willensimpulse nur einige Dauer zu verleihen, um den Muskelton auch noch nach dem Knacken beliebig länger zu hören, ja es ist von seinem Willen abhängig, diesen Ton an- und abschwellen zu lassen. Es ist, meines Wissens, diese willkürlich erzeugte Muskelcontraction die einzige, welche ohne Kunsthülfe, also bei offnen Ohren gehört werden kann, welche sogar bei mir eine mindestens ebenso starke, wenn nicht noch stärkere Gehörsempfindung bewirkt, als es bei geschlossenen Ohren durch die Contraction der Kaumuskeln geschieht. Johannes Müller kannte schon diesen „brummenden" Muskelton, von dem er sagt, dass er „auch mit Erhebung des Gaumensegels entsteht, und von der Zusammenziehung der Gaumenmuskeln herzurühren scheint"***). Aber es war ihm entgangen, dass dieser Ton dem knackenden Geräusch vorherzugehen und dasselbe zu begleiten pflegt. Fabricius konnte das knackende Geräusch nur gleichzeitig in beiden Ohren erzeugen; Müller dagegen war im Stande, seinen willkürlichen Einfluss auf das linke Ohr zu isoliren. Bei mir sind stets, wie ich aus dem in beiden Ohren gleich lauten Muskelgeräusch erschliesse, auf beiden Seiten die Abductoren der Tuba thätig; es hat auf der linken Seite jedoch diese Thätigkeit nur in der Hälfte bis zwei Drittheilen der Contractionen den Effect eines knackenden Geräusches.

Während ich das knackende Geräusch erzeugte, beobachtete Hensen, dass mein weicher Gaumen in toto etwas gehoben ward; es gelang ihm jedoch nicht, die geringste Veränderung in dem Lichtkegel des Trommelfells wahrzunehmen.

Was die Vergleichung des knackenden Geräusches, wie es die willkürliche plötzliche Tubenöffnung bedingt, mit denjenigen Geräuschen anbetrifft, welche am Schlusse des Valsalva'schen Versuches gehört werden, so war diese Vergleichung nur zulässig, so lange man glaubte, dass das Knacken durch die Contraction des Trommelfellspanners bewirkt und am Trommelfelle selbst erzeugt werde. Die Vergleichung Funkes war desshalb nicht glücklich gewählt, weil doch für die Bewegung des Trommelfells nach aussen jegliches anatomische Substrat fehlt, über welches der menschliche Wille eventuell gebieten könnte. Müller will dasselbe Geräusch in dem Momente gehört haben, wo er mit dem Druck der Trommelhöhlenluft nachliess. Das Geräusch, welches ich am Schlusse des Valsalva'schen Versuches höre, ist ein sehr schwaches, ganz characterloses. Dagegen höre ich in demjenigen Augenblick, wo ich die Luft in die Trommelhöhle einpresse,†) das den Ohrenärzten so bekannte Anschlagegeräusch††) (bruit de pluie, Deleau) mit feuchtem Character. Wenn dieses Anschlagegeräusch bei Funke einen mehr trocknen oder harten Character hat, so konnte ihn das mit alleiniger Rücksicht auf die Aehnlichkeit — wohl berechtigen, dasselbe mit dem Müller'schen „Knacken" zu identificiren.

---

*) v. Tröltsch. Lehrbuch der Ohrenheilkunde. 4. Auflage. pag. 158.

**) Es darf nicht unerwähnt bleiben, dass Hensen gleichfalls das Muskelgeräusch beim Oeffnen der Tuba hört; dass es aber zuweilen so sehr bei ihm zurücktritt, als ob es ganz fehlte.

***) Handbuch der Physiologia Bd. II. pag. 440.

†) Dabei bin ich gezwungen, den rechten untern Thränenpunkt durch Fingerdruck zu schliessen, weil sonst die comprimirte Luft zischend durch denselben entweicht. — Vgl. Tröltsch Lehrbuch pag. 196. Anmkg.

††) Tröltsch. Lehrbuch pag. 182.

Auch hat die Erklärung Funke's, welche das von ihm gehörte Geräusch in das Hammer-Ambosgelenk verlegt, viel für sich, da man sich am Präparate leicht überzeugen kann, wenn man durch Luftverdünnung im Gehörgange das Trommelfell nach aussen drängt, dass das Gelenk eine bedeutende Excursion des Hammerstiels nach aussen gestattet, ohne den Ambos in diese Bewegung hineinzuziehen*).

Die Deutung, welche Harless gab, ist durch die Ohrspiegel-Inspection leicht zu widerlegen.

Wenn nun auch über die Entstehung des knackenden Geräusches kein Zweifel mehr besteht, so ist die Frage noch nicht als erledigt zu betrachten, ob mit der Contraction der Gaumenmuskultur, in specie des Tensor veli, gleichzeitig auch der Tensor tympani sich zusammenzieht.

Anatomische Untersuchungen von Tröltsch**) und Rüdinger***) haben es zuerst wahrscheinlich gemacht, dass zwischen den beiden genannten Muskeln eine stete Verbindung bestehe. Mayer†) und Kessel††) dagegen wollten diese durch eine Sehne vermittelte Verbindung nicht nur als eine constante angesehen wissen, sondern sie bemühten sich nachzuweisen, dass der M. tensor veli mit dem M. tensor tympani zusammen als ein zweibäuchiger Muskel aufzufassen sei, welcher den einen Ansatzpunkt am weichen Gaumen, den andern am Hammergriffe habe, und dessen Contraction synergisch in beiden Bäuchen vor sich gehe.

Die Ohrspiegeluntersuchungen von Tröltsch bei Luschka und von Hensen bei mir bieten der Hypothese von der Synergie beider Muskeln keine Stütze. Auch die Prüfung meiner Trommelfellbewegung, mittelst meines oben beschriebenen Sondenapparates, gab ein negatives Resultat. Die kleinen Pendel und der Fühlhebel zeigten keine, dem knackenden Geräusch synchronische Bewegung.

Diesen negativen Beobachtungen gegenüber steht eine positive in einem allerdings pathologisch getrübten Falle, welcher die gleichzeitige Contraction des Tensor tympani beim Gähnact bestätigte †††). Andrerseits ist ein pathologischer Fall von Schwartze*†) mitgetheilt, wo bei klonischen Krämpfen des Tensor tympani unwillkürlich und gleichzeitig die Gaumenklappe gehoben wurde; ferner beobachtete Politzer*††), synchronisch mit der willkürlichen Contraction des Tensor tympani eines wiener Arztes, ein Emporrücken des Gaumensegels; während Lucae*†††) bei den von ihm beobachteten Fällen willkürlicher Contraction des Tensor tympani darüber keine Angabe macht. Dagegen erfahren wir durch Schwartze (a. a. O. pag. 5.), dass auch Lucae während des willkürlich erzeugten knackenden Geräusches, wie es „ziemlich viele Menschen" hervorzubringen fähig sind, übereinstimmend mit v. Tröltsch und Politzer, nie die geringste Bewegung am Trommelfelle wahrnehmen konnte.

Schliesslich will ich noch erwähnen, dass ich das willkürlich erzeugte Knacken, während des Badeversuches bei mit Wasser gefüllten Ohrgängen, leiser und scheinbar vereinfachter hörte, als ich es unter anderen Bedingungen zu hören gewöhnt war.

---

*) Wenn Boeck (Archiv für Ohrenheilkunde) Funke gegenüber betont, dass zur Bestätigung seiner Vermuthung dasselbe Geräusch bei jeder Luftdouche entstehen müsse, so ist hier doch wohl die Annahme individueller Verschiedenheit zulässig.

**) v. Tröltsch. Die Anatomie des Ohres. pag. 91.

***) Rüdinger. Ein Beitrag zur Anatomie und Histologie der Tuba Eustachii. München 1865. pag. 10.

†) Ludwig Mayer. Studien über die Anatomie des Canalis Eustachii. München 1866.

††) Kessel. Vorläufige Mittheilung. Archiv für Ohrheilkunde. Bd. III., Heft 4.

†††) Politzer, ebendaselbst Bd. IV. Heft 1.

*†) Schwartze, ebendaselbst Bd. II. Heft 1.

*††) Politzer. ebendaselbst, Bd. IV. Heft 1.

*†††) Lucae, ebendaselbst Bd. III. Heft 3.

Versuche über den Mechanismus und die Schwingungen der Gehörknöchelchen.

Ahmt man durch Sondendruck, oder besser durch Luftcompression die Bewegungen des Trommelfells an einem Präparate nach, an welchem die Paukenhöhle so eröffnet ist, dass man die mit ihren Ligamenten und Muskeln unverletzten Gehörknöchelchen gut übersehen kann, und an welchem ferner das Labyrinth so weit fortgenommen wurde, dass die Steigbügelplatte frei vorliegt, ohne das Periost der lateralen Wand des Vestibulum verletzt zu haben, so kann man vollständig den Bewegungsmechanismus des Schallleitungsapparates überblicken. Man wird dieses noch um so besser können, wenn man in der unten näher anzugebenden Weise Glasfäden auf die drei Gehörknöchelchen festkittet. Man bemerkt dann, dass die in der günstigsten Richtung, parallel dem langen Fortsatz, befestigte Ambossonde etwa um die Hälfte kleinere Excursionen macht, als die in der Richtung des Griffes befestigte Hammersonde Die Sonde, welche perpendiculär auf die Steigbügelplatte gesetzt ist, oder parallel ihrer Fläche in der Richtung des kleinen Durchmessers, zeigt kleinere aber doch sehr deutliche Excursionen, welche nicht im Sinne einer Stempelbewegung, sondern im Sinne einer Drehbewegung um die lange Axe der Platte zur Beobachtung gelangen.

Es entspricht dieser Befund den Angaben, welche Henke*) neuerdings über diesen Gegenstand gemacht hat. Wenn bei stärkstem Druck Stempelbewegungen auch vorhanden sein mögen, so wurden dieselben doch bei unseren Untersuchungen nicht beobachtet.

Um jedoch zur Entscheidung der „alten Streitfrage der Physiologie" über die Form der Uebertragung der Schallwellen durch die Gehörknöchelchenkette den beobachteten Bewegungsmechanismus anwenden zu können, erschien es uns als eine ungenügende Methode, diesen Vorgang durch einfachen Druck zur Anschauung zu bringen; vielmehr suchten wir diesen physiologischen Bewegungsmechanismus besser zu studiren, indem wir als Bewegungsursache die den Ohren adäquaten Schallwellen in concentrirter Form benutzten und deren Wirkung auf den Leitungsapparat beobachteten. Bereits im Jahre 1864 hat Ad. Politzer, vereint mit Rud. König in Paris, Versuche angestellt, die Gehörknöchelchen des menschlichen Ohres durch Orgelpfeifen, deren Ton durch Resonatoren verstärkt wurde, in Schwingungen zu versetzen, und es ist ihm gelungen vom Hammer und Ambos Schwingungscurven aufschreiben zu lassen, während ihm ein Gleiches vom Steigbügel nicht gelang.**) Wir wünschten diese Versuche zu wiederholen, kamen dabei jedoch noch zu weiteren Resultaten. Die Gehörorgane wurden in der oben beschriebenen Weise sorgfältig präparirt und die einzelnen Knöchelchen mit Fühlhebeln armirt. Als solche wurden anfangs die Mittelrippen von Reiherfedern verwendet; jedoch zeigten sich schliesslich die schon von Politzer angewendeten Glasfäden als das beste Material; nur unterscheidet sich unsere Methode von der Politzer'schen wesentlich dadurch, da es uns vorerst weniger daran lag, Curven aufschreiben zu lassen, als vielmehr die Schwingungsperioden und die Schwingungsformen zu beobachten,

*) W. Henke. Der Mechanismus der Gehörknöchelchen. Zeitschrift für rationelle Medicin. 1868.

**) Politzer. Untersuchungen über Schallfortpflanzung und Schallleitung im Gehörorgane im gesunden und kranken Zustande. Archiv für Ohrenheilkunde Band I. Heft 1.

dass wir die Glasfäden oben ganz fein auszogen und es vermieden, zwei verschiedene Körper zu einem Fühlhebel zu vereinigen. Diese unsere kleinen Glassonden waren zur Hälfte dicker, zur anderen Hälfte bildeten sie einen ganz dünnen Faden, der jedoch noch dick genug war, um nicht selbstständig zu schwanken. Ihre Länge variirte von 8 bis zu 15 Centimetern; ihr Gewicht von 4 bis 15 Milligrammen. Die Befestigung derselben ist zuweilen eine recht unbequeme, besonders wenn es sich um die Erzeugung stärkerer Schwingungen handelt, deren Intensität so gross werden kann, dass nicht nur die kleinen Sonden in toto abgeworfen werden, sondern dass sie auch zerbrechen. Am bequemsten ist es, durch einen eisernen Stift oder eine Nadel, welche über einer Spiritusflamme erwärmt wird, oder auch mit Vortheil in einer brennenden Cigarre heiss erhalten werden kann, die betreffende Stelle des Gehörknöchelchens an ganz beschränktem Punkte auszutrocknen und alsdann mit einer Spur Siegellack*), welches an dem dicken Ende des Söndchens erhitzt werden muss, diesen Fühlhebel sogleich aufzusetzen. Diese Manipulation stellt im Anfange oft die Geduld auf eine harte Probe, doch erlangt man durch viele Uebung leicht Geschick.

Was den Ort der Befestigung der kleinen Glassonden anbetrifft, so wurde die Hammersonde meist auf den Griff, die Ambossonde am langen Fortsatz dieses Knochens befestigt, oder auch die Ankittung geschah in einzelnen Fällen von oben, jedoch stets in der Richtung der beiden genannten Fortsätze. Die Steigbügelsonde, welche passend am Ende einen kleinen Knopf trägt, wird mit diesen Knopf so auf die Platte dieses Knochens aufgesetzt, dass sie senkrecht, entweder nach auf- oder auch nach abwärts gerichtet ist. Um gute Schwingungen zu erzielen, kommt es wesentlich darauf an, intensive Töne zuzuleiten. Wir benutzten dazu eine Erfahrung, die, wie es scheint, bis jetzt nicht genügend betont worden ist. Wenn man nämlich einen tonzuleitenden Kautschukschlauch in den Gehörgang einführt, macht es einen enormen Unterschied, ob der Schlauch den Gehörgang luftdicht schliesst, oder nicht. Im ersten Falle tönt die Respiration, tönen die Worte mit einer wahrhaft erschreckenden Intensität ins Ohr hinein, während bei nicht dicht schliessendem Schlauch die Intensität eine relativ geringe ist. Der luftdichte Verschluss ist jedoch oft bei einzelnen Individuen nicht leicht zu erreichen, weil die Form des Gehörganges, wie wir uns an Abgüssen desselben mittelst einer leichtflüssigen Metallmischung zur Genüge überzeugen konnten, häufig gar zu unregelmässig ist. Ich erreiche einen luftdichten Verschluss bei genügend tiefer Einführung des nach Tröltsch's**) Vorschlage mit der Scheere zugeschärften Schlauches mit Leichtigkeit, während Hensen und Andere für diesen Verschluss erst einer besondern Vorbereitung des Schlauches bedürfen. Es muss nämlich der Schlauch seinen scharfen äussern Rand behalten, aber es wird das Ende von innen her verdünnt und zugeschärft; dadurch bildet sich eine Art von Ventilmechanismus, die einen luftdichten Verschluss sichert.

Nachdem nun die in der oben beschriebenen Weise präparirten und mit Sonden versehenen Ohren in einem Stativ fixirt waren, wurde ihnen durch solche Schläuche der Ton zugeleitet. Als Tonquelle wurde eine Helmholtz'sche Doppelsirene***) verwendet†), welche durch die mit grosser Gleichmässigkeit zugeführte Luft, aus einem grossen von R. König in Paris, nach dem System von

---

*) In der letzten Zeit haben wir uns des von Lucae empfohlenen Kittes mit Nutzen bedient. Siehe Archiv für Ohrenheilkunde. Bd. IV. Heft 1. pag. 34. Anmerkg.

**) Dessen Lehrbuch pag. 182. Anmerkg.

***) H. Helmholtz. Die Lehre von den Tonempfindungen. pag. 241.

†) Die Resonanzkästen waren bei unseren Versuchen stets entfernt.

Cavaillé-Coll, gearbeiteten Gebläse, in Bewegung gesetzt ward. Das gemeinschaftliche Windrohr der Sirene wurde durch ein eingeschobenes T-förmiges Blechrohr unterbrochen, um dasselbe durch letzteres mit dem Gummischlauch des Gehörganges in offene Verbindung zu bringen.

Führt man diesen Gummischlauch in das eigene Ohr, so schallt der Sirenenton mit einer zuweilen unerträglich zu nennenden Intensität dem Ohre zu, und dem entsprechend sind die Schwingungen der kleinen Sonde periodisch sehr gewaltige.

Wenn nun das mit Sonden armirte Präparat in der oben beschriebenen Weise mit dem Zuleitungsrohr der Sirene verbunden ist und die letztere durch das Gebläse in Bewegung gesetzt wird, so ergiebt die Beobachtung, dass die Glasfäden nur bei gewissen Tonhöhen ad maximum schwingen, während sie bei anderen Tönen fast oder ganz ruhig bleiben; und zwar zeigt sich weiter, wenn man an allen drei Gehörknöchelchen gleichzeitig Fäden anbringt, dass der Hammer am stärksten, weniger stark der Ambos, und sehr viel schwächer der Steigbügel schwingt.

Wir theilen in Folgendem einzelne während der Beobachtung geführte Protocolle mit, wobei jedoch zu erwähnen ist, dass die Zählungen der Sirene bei Tönen unter 100 Schwingungen in der Secunde leicht um 2½, über 100 um 5, bei mehreren Hunderten um 10 bis 15 Schwingungen mehr oder weniger irrthümlich von uns angegeben sein können.

Schwingungsprüfung eines Präparates, an dem alle drei Knöchelchen mit Glassonden armirt sind.

12 Stösse der Sirene in der Secunde bewirken starke Schwankungen der Hammersonde, welche sich wenig auf den Ambos, noch weniger auf den Steigbügel fortpflanzen.

23,4 „ „ „ „ „ „ Hammer und Ambos schwingen in der Richtung der Gehörgangsaxe; Steigbügelsonde zeigt keine Schwingung.

45,0 „ „ „ „ „ „ Alle Gehörknöchelchen schwingen. Diese Schwingung nimmt zu und erreicht bei

47,4 Stössen „ „ „ „ „ ihr Maximum für den Hammer und Ambos. Die Glasfäden schwingen einfach fächerförmig, ohne Knotenbildung. Der Fächer des Hammers ist 6 Millimeter breit, derjenige des Amboses 2½ Mm., des Steigbügels 1 Mm.

52,9 Stösse „ „ „ „ „ Hammer und Steigbügelsonde schwingen gleich breit während der Ambos nur ganz kleine Excursionen macht; die Schwingung des Hammers ist sehr unrein. (Siehe unten). Hammer und Ambos schwingen in der Richtung der Gehörgangsaxe; der Steigbügel schwingt ad maximum parallel seiner Fussplatte. Dann folgt schnelle Abnahme aller Schwingungen bis zur Ruhe.

105,8 Stösse der Sirene in der Secunde. Zweites Maximum. Knotenbildung in der Hammer- und Ambossonde; Ruhe des Steigbügels. Während dieser Maximalschwingung nimmt die Schwingung des Amboses bedeutend ab; etwas später auch die des Hammers.

Abermalige Steigerung bei 128,6 Sirenenstössen, welche bei

138,5 Stössen „ „ „ „ „ ihr Maximum erreicht; auch hier verhält sich die Stapessonde ruhig. Die Zahl der Schwingungsknoten in der Hammer- und Ambos-Sonde ward nicht notirt; die Schwingungsrichtung war parallel der Gehörgangsaxe.

150,9 Stösse „ „ „ „ „ Abnahme der Schwingung. Die Ambossonde dreht ihre Schwingungsebene in die sagittale Richtung, also parallel dem Trommelfell. Stapes ruhig.

155,2 „ „ „ „ „ „ Steigerung der Hammer- und Ambosschwingung. Der Ambos schwingt wieder in der Richtung der Gehörgangsaxe.

200 „ „ „ „ „ „ Schwingungsmaximum für Hammer und Ambos. Die Bäusche der in Knoten schwingenden Hammersonde sind 10 Mm. breit; die des Ambos viel weniger. Der Steigbügel verhält sich immer ruhig.

Bei geringer Steigerung der Tonhöhe dreht sich die Schwingungsebene der Hammersonde um etwa 45 Grade in die sagittale Richtung. Bald darauf wird sie in Folge der starken Schwingungen abgeworfen. Bei

450 Stössen „ „ „ „ „ schwingt der Ambos stärker in frontaler Richtung. Der Steigbügel bleibt in Ruhe.

Eine Steigerung der Tonhöhe, welche wir auf 1280 Schwingungen in der Secunde treiben konnten, hatte keine weiteren Schwingungen der gläsernen Fühlhebel zur Folge.

Während dieser und der nächstfolgenden Versuche ward der Luftdruck im Gebläse nach Bedürfniss, zur Fixirung gewisser Tonhöhen, gesteigert und herabgesetzt; folglich war auch die Spannung des Trommelfells, da die Zuleitung der Schallwellen durch das gemeinschaftliche Windrohr der Sirene geschah, eine verschiedene.

Bei einem andern ganz gleichen Versuche, ward besonders auf den Stapes die Aufmerksamkeit gerichtet; und es wurde 4 Mal nach der Reihe beobachtet, dass die Sonde dieses Knöchelchens bei 45,0 Schwingungen*) in der Secunde mit Knotenbildung in der Ebene seiner Fussplatte schwang. Ihre Excursionsbreite betrug reichlich 2 Mm.; während dessen betrug diejenige der ziemlich gleichen andern Sonden beim Hammer 3,5 Mm., beim Ambos 3 Mm. Ausser dieser Schwingung wurde am Steigbügel

*) Bei dem andern eben mitgetheilten Versuch, wurde die Schwingungszahl von 52,9 als Maximum für die Stapeschwingung bestimmt.

— abgesehen von den geringen periodischen Schwankungen, welche im Beginne der Sirenenbewegung eintreten, — bei dieser Art von Versuchen keine weitere beobachtet.

Schwingungsprüfung eines Präparates, an welchem nur der Ambos die Mittelrippe einer zarten Reiherfeder als Fühlhebel in der Richtung seines langen Fortsatzes trug.

Zahl der Sirenenstösse während einer Secunde:	Beobachtung des Fühlhebels zur Zeit der angegebenen Schwingungszahl des Sirenentons:
10,8	kleine, nur durch die Loupe erkennbare, Schwankungen.
21,6	Schwinguug, ¼ Mm. breit, in der Richtung der Gehörgangsaxe. (2 Mal beobachtet).
28,1	Schwingung, kaum ½ Mm. breit; Richtung unverändert (2 Mal beobachtet).
32,1	Absolute Ruhe der Feder.
34,6	Unreine Schwingung in der Gehörgangsaxe.
37,5	ebenso.
42,8	ebenso, ¾ Mm. breit.
	Zunahme der Schwingung; bei
47,6	1 Mm. breit; reine Schwingung.
50,0	Maximalschwingung, 2 Mm. breit, in der Richtung der Gehörgangsaxe.
56,25	Drehung der Schwingungsebene; 1 Mm. breit, parallel dem Trommelfell.
69,2	Die Schwingung ist fast auf Null reducirt.
	Allmählig nimmt die Schwingung wieder zu. Bei
90,0	Schwingung mit zwei Knoten in der Ebene des Trommelfells. Bausch 3½ MM. breit.
100,0	Bedeutende Abnahme der Schwingung. Bei geringer Steigerung des Tons verschwinden die Knoten.
128,6	Nur noch ganz minimale Schwingungen sichtbar.
150,0	Grenze der geringsten Schwingung und der neu beginnenden Steigerung.
155,0	Schwingung in der Richtung der Gehörgangsaxe, 2 Mm. breit. Inzwischen dreht sich die Schwingungsrichtung fast um ¼ Kreis.
Zwischen 163,6 und 180,0	Maximalschwingung mit Knotenbildung, 4 MM. breit.
	Dann Abnahme, Ruhe und abermalige Steigerung. Bei
225,0	stärkste, jedoch nicht ganz reine, Schwingung mit 3 Bäuschen.
266,6	Ruhe.
456,8	Reine Schwingung mit zarter Bausch- und Knotenbildung.
533,3	Ruhe. Dieselbe bleibt bis zur höchsten erreichbaren Höhe.

Prüfung eines Präparates, an dem die Sehne des Tensor tympani, der Ambos und der Steigbügel entfernt waren. Fühlhebel, eine Faser vom Barte einer Reiherfeder, am Hammergriff in der Richtung seiner Längsaxe befestigt.

Schwingungszahl des Sirenentons:	Beobachtung des Fühlhebels während dieser Zahl:
32,14	Starke, jedoch unreine Schwingung. (2 Mal beobachtet).
39,12	Steigerung der noch unreinen Schwingung.
46,75	Reine Maximalschwingung ohne Knotenbildung.
	Dann Abnahme der Schwingung, ohne zur Ruhe zu kommen; beginnt wieder stärker zu schwingen; bei
64,28	stärkere unreine Schwingung.
75,0	Reine Maximalschwingung mit Knotenbildung. (3 Mal beobachtet.) Die Schwingung nimmt ab; die Feder bleibt jedoch in Bewegung.
128,57	Wieder reine Schwingung; Zunahme derselben; bei
130,0	Maximum; Schwingung mit 3 Knoten.
	Die Feder wird dann fast ganz ruhig. Bei
180,0	nur ganz zart an der Spitze schwingend; dann Zunahme der Schwingung. Bei
225,0	Reine Schwingung mit zarter Bausch- und Knotenbildung. (2 Mal beobachtet).

Wiederholte Prüfung desselben Präparates. Anstatt des Reiherfederchens eine Glassonde, von reichlich 1/4 Mm. Dicke und 15 Mgrm. Gewicht, an dem Ende in eine Spitze ausgezogen. Im Uebrigen dieselben Verhältnisse. (Es wurden nur einzelne Schwingungs-Maxima gezählt.)

Die Sonde schwingt vom Anfange der Sirenenbewegung an in der Gehörgangsaxe.

32,5	Unreine, starke Schwingung.
49,1	Erste reine Hauptschwingung ohne Knotenbildung.
128,57	Maximalschwingung mit Knoten.
653,75	Maximum der Schwingung; vorher und nachher absolute Ruhe. Bei
989,0	noch ein letztes Maximum mit Knotenbildung.

Eine Steigerung des Sirenentons bis zu 1280 Schwingungen ergab keine Schwingung der Glassonde mehr.

Weiter wurden noch die Ohren einiger Thiere geprüft. Die Paukenhöhle wurde von unten so eröffnet, dass ein gläserner Fühlhebel bequem an dem Griff des Hammers befestigt werden konnte. Die Gehörknöchelchen blieben in ihrer natürlichen Lage, das Labyrinth uneröffnet. Ein in den freipräparirten Gehörgang eingebundenes Glasrohr vermittelte die Tonzuleitung. Die Präparate wurden ganz frisch geprüft.

1. Hund.

Schwingungszahl des Sirenentons.	Beobachtung der Fühlhebel.
22,5	Erste Schwingung in der Richtung der Gehörgangsaxe. Dann Ruhe bis 60,0.
64,3	Kleine Schwingung parallel dem Trommelfell.
75,0	Kleine Schwingung in der Richtung der Gehörgangsaxe; dann längere Ruhe.
150,0—168,8	Schwingung mit Knotenbildung, rechtwinklig zur Gehörgangsaxe.
180,0	Ruhe der Sonde.
191—197	Schwingung in der Richtung der Gehörgangsaxe; bei der letzten Zahl Drehung der Schwingungsebene um einen rechten Winkel.
212,5	Haupt-Maximum (2 Mal beobachtet). Die Sonde schwingt parallel dem Trommelfell mit Knotenbildung. Bei
215,4	Drehung der Schwingungsebene in die Richtung der Gehörgangsaxe, bei fast ungeschmälerter Fortdauer der Schwingung.
245,5	Ruhe.
426,5	Durch die Loupe sichtbare letzte Schwingung.

Bei weiterer Steigerung der Tonhöhe verharrte die Sonde in Ruhe.

2. Schaaf.

56,25	Erstes Maximum ohne Knoten.
250,0	Zweites Maximum mit Knoten. (3 Mal beobachtet.) Beide Maxima schwangen in der Richtung der Gehörgangsaxe; bei Erhöhung des zweiten Tons stellte sich die Schwingungsebene rechtwinklig zur Gehörgangsaxe, wobei gleichzeitig die Breite der Bäusche abnahm.

Nachdem dieses Präparat eine Nacht in Spiritus gelegen, wurde es noch einmal geprüft. Die Nische zwischen unterer Gehörgangswand und Trommelfell war mit Flüssigkeit angefüllt. Die Hauptschwingung war dadurch in sofern verändert, als sie schon bei einem Ton von 225,0 eintrat. Die erste Schwingung blieb dieses Mal unberücksichtigt.

3. Reh.

129,92—138,45	Erstes Maximum mit Bildung zweier Knoten. (3 Mal beobachtet.)
225,0	Zweites Maximum (2 Mal beobachtet). Schwingung der Sonde mit 2 Knoten.
300,0	Drittes Schwingungsmaximum mit 3 Knoten. (3 Mal beobachtet.)

Ueber später noch geprüpfte Ohren einer jungen Katze wird weiter unten berichtet werden, da bei denselben die Methode der Schallzuleitung modificirt wurde.

Um den Einfluss der Sondenlänge zu prüfen, wurde beim menschlichen Ohre die Sonde während der Schwingung, bei fixirtem Ton, mehrfach gekürzt, ohne dass diese Verkürzung einen wesentlichen Einfluss auf die Schwingung äusserte. Auch soll nicht unerwähnt bleiben, dass kleine Glassonden, welche zur Controle auf verschiedene Punkte des Felsenbeins gesetzt waren, sich durchaus nicht an den Schwingungen betheiligten. Ausser diesen Versuchen, welche sich auf die Prüfung der Schwingungsverhältnisse der Gehörknöchelchen, resp. des Trommelfells beziehen, wurde auch noch das runde Fenster auf seine eventuelle Schwingungen untersucht.

Bei den für diese Prüfung angefertigten Präparaten blieb die Paukenhöhle uneröffnet; vom Labyrinth aus wurde die Platte des Steigbügels freigelegt und nach Entfernung der Lamina spiralis die Membrana tympani secundaria möglichst zugänglich gemacht. Die Oeffnung der schon vor Empfang der betreffenden Ohren abgeschnittenen Tuba Eustachii wurde durch Siegellack verschlossen. Bei der Zuleitung des Sirenentons durch den äusseren Gehörgang schwang ein auf die Stapesplatte gekitteter Fühlhebel in einer den früheren Beobachtungen entsprechenden Weise. Die mit Leim auf die Membran des runden Fensters festgeklebte, zwei Zoll lange zarte Glassonde zeigte bei den niedrigsten Schwingungszahlen unregelmässige Hin- und Herbewegungen und war überhaupt sehr empfindlich für jede Art von Erschütterung. Es konnten jedoch keinerlei regelmässige Schwingungen mit irgend welcher Sicherheit wahrgenommen werden, mochte der Ton so hoch oder so niedrig zugeführt werden, als wir ihn in den oben angegebenen Grenzen zu erzeugen im Stande waren.

Als darauf der Ton durch ein in die Tubenöffnung eingeführtes Rohr zugeleitet wurde, zeigte der Fühlhebel der Fenstermembran allerdings starke Excursionen, und zwar ziemlich continuirlich von den niedrigsten bis zu den höchsten Tönen; es kamen jedoch niemals Schwingungen zu Stande, deren Geschwindigkeit auch nur entfernt auf eine der Tönhöhe entsprechende Bewegung der Membran gedeutet hätte.

Um keine Möglichkeit ausser Acht zu lassen, setzten wir voraus, es könne eine dünne, sehr verschiebbare Schicht Bindegewebes der Membran aufliegen, welche regelmässige Schwingungen verhindern möchte. Wir liessen deshalb das Präparat eine Nacht durch trocken liegen und wiederholten dann folgenden Tages unsere Untersuchung; aber auch jetzt zeigte sich keine Aenderung in der Art dieser Membran auf Töne zu reagiren. Auch wenn wir die betreffenden Theile unter Spiritus oder Wasser tauchten, trat keine Aenderung in der beschriebenen Art der Schwingungen, — welche hier richtiger Schwankungen zu nennen wären — ein.

Das Interesse, welches sich an die mitgetheilten Beobachtungen knüpft, ist ein mehrfaches, und es erübrigt deshalb noch, einzelne Punkte derselben eingehender zu besprechen.

Was zunächst die Art der Schwingungen anbetrifft, so ist dieselbe entweder eine fächerförmige oder auch der Glasfaden schwingt mit regelmässigen Bäuschen und Knoten, deren in einzelnen Fällen 12 gezählt wurden. Die fächerförmige Schwingung tritt bei tiefen Tönen auf, und sie bildet auch den Anfang einer Knotenschwingung, wenn die Sonde vorher in Ruhe war. Ferner haben wir in der Art der Schwingung eine reine und eine unreine Schwingung unterschieden. Wenn die Sonde rein

schwingt, erscheint ihre Spitze von fächerförmiger Gestalt, seitlich scharf begrenzt, in der Mitte wie verschleiert, ohne Ungleichmässigkeiten, und ein ähnliches Bild bieten die Bäusche dar. Wenn sie unrein schwingt, machen sich mitten im Fächer eine, zwei, drei oder auch mehr weisse Linien bemerkbar, deren Lage bald näher der Mitte, bald näher den Seitenlinien ist, und welche alsdann bei Steigerung des Tones immer mehr an den Rand rücken und schliesslich mit diesem zusammenfallen. Die unreine Knotenschwingung wird dadurch characterisirt, dass die Bäusche weniger scharf von einander getrennt sind, dass der zwischen ihnen liegende Knotenpunct, aufhört ein ruhender Punkt in der Sonde zu sein, indem eine grössere, den Knotenpunkt imitirende Strecke zwischen den Bäuschen in einer gewissen drehenden, leicht wechselnden Bewegung verharrt.

Diese verschiedenen Schwingungsformen zeigen sich in ähnlicher Weise, wenn man einen durch eine Membran verschlossenen Glasstrichter, welcher auf der Membran eine Glassonde trägt, in tönende Orgelpfeifen steckt. Geht man dann die Octave durch, so zeigt sich bei einigen Pfeifen die unreine, bei anderen, oder mindestens einer Pfeife die reine Schwingung der Sonde, wenn nur einigermassen der Eigenton der Membran in der Höhe der geprüften Pfeifen liegt. Die Unreinheit der Schwingungen muss wohl darauf beruhen, dass die Schwingungsphasen der Membran nicht mit denen des Tons in einfachem Verhältnisse stehen, und folglich die Sonden nicht pendelartig schwingen, sondern auf ihrer Bahn hin und wieder aufgehalten werden und in Folge dessen in dieser Lage einen stärkeren Eindruck auf das Auge hervorbringen, wie in den andern Theilen ihrer Bahn.

Ausserdem ist es bemerkenswerth, dass die Schwingungsform und die Schwingungsrichtung der Fäden wechselt. In der Regel schwingen sie in einer Ebene, so dass die Schwingungsform der Sondenspitze eine lineare zu nennen ist; jedoch haben wir auch sehr häufig eine elliptische, selten eine kreisrunde Schwingungsform beobachtet. Dies trat ein, sowohl beim Hammer als auch beim Ambos, namentlich aber bei letzterem; jedoch kommt dabei entschieden die Art, in welcher die Sonde fixirt worden ist, mit in Betracht. Beim Hammer würde sie auf dem Kopfe zu befestigen sein, beim Ambos an der Uebergangsstelle des Körpers in den langen Fortsatz desselben, in der Richtung der Längsaxe des Letzteren. Rücksichtlich der Richtung sind im Allgemeinen diejenigen Schwingungen, deren Ebene in der Richtung der Gehörgangsaxe liegt, überwiegend. Die Drehung erfolgt in der Regel beim Ueberschreiten des Schwingungs-Maximums. Vielfache Prüfungen lehrten uns, dass durch die Länge und Form der Sonden, welche wir mannigfaltig variirt haben, in dieser Beziehung nichts verändert wird.

Wir glaubten anfangs, dass den Erscheinungen, welche uns die wechselnde Form und Richtung der Sondenschwingungen darbieten, etwas Aehnliches zu Grunde liegen möge, wie dasjenige Moment, welches in dem von Wheatstone beschriebenen Kaleidophon*) zur Geltung kommt, wo durch einen ungleichen Druck an der Basis die Stäbe gezwungen werden, in Curven zu schwingen, und die Axen ihrer Maximalexcursion beim Verklingen – bekanntlich also einer Steigerung der Tönhöhe – ändern, weil auch hier beim Gehörknöchelchen-Apparat ein verschiedener Druck von zwei Seiten, einestheils durch den Stapes, anderntheils durch das gespannte Trommelfell wirkt.

Wir haben uns jedoch durch Versuche an einer, durch einen Electromagneten in Schwingung versetzten Stimmgabel überzeugt, indem wir einen Glasfaden an einem ihrer Schenkel, in dessen Längsrichtung so befestigten, dass dieser Faden den Schenkel etwa um 15 bis 20 Cm. verlängerte, und nun die Schwingungsänderungen desselben bei verschiedener Länge desselben beobachteten, dass auch hier, also bei einem Instrumente, welches sicher in Einer Ebene schwingt, kreisförmige Schwingungen an

*) Poggendorfs Annalen der Physik und Chemie. Bd. X. pag. 470.

den aufgekitteten Glassonden zu Stande kommen können. Dieselben zeigten sich abhängig von der Länge der Sonde. Kürzt man die Sonde mittelst einer Scheere in kleinen Abschnitten nach und nach, so tritt bei gewissen Längen eine drehende Bewegung der vorher geradlinig mit Knoten schwingenden Sonde (Glasfaden) ein, welche den Uebergang zu einer kreisförmigen Schwingung bildet. Betrachtet man dann die Spitze, so sieht man dieselbe einen regelmässigen Kreis beschreiben. Man glaubt in einen hohlen Kegel hineinzuschauen, dessen Spitze dem äussersten Knotenpunkt der Sonde entspricht, und dessen seitliche Begrenzung die Bahn des Sondenendes darstellt. In gleicher Weise stellen die Bäusche eine regelmässige Spindelform dar. Ist man mit der Verkürzung so weit vorgeschritten, dass in der Sonde kein Knoten mehr gebildet werden kann, so gibt es einen Punkt, bis zu dessen Kürzung die Sonde ad maximum schwingt, während, wenn die Sonde ein Weniges länger oder kürzer ist, ihre Schwingungsexcursion eine bedeutende Abnahme zeigt. In gleicher Weise haben auch die Schwingungen der Sondenspitze bei zwei oder mehreren Knoten ein Maximum der Excursion, aber dieses Maximum ist einmal nicht so bedeutend und anderntheils ist es nicht so genau an einen bestimmten Punkt der Sondenlänge gebunden.

Niemals beobachteten wir, dass die Richtung der geradlinig schwingenden Stimmgabelsonde sich änderte. Dagegen ist die Drehung der Schwingungsaxe geradlinig schwingender starrer Fäden eine Erscheinung, welche einfache Membranen darbieten. Wenn eine Membran z. B über die erweiterte Oeffnung eines Glasrohrs gespannt wird, wenn sie dann mit einer zarten Glassonde in der Art armirt wird, wie der Hammerstiel dem Trommelfell anliegt, und nun entsprechende Töne zugeleitet werden, so wird man eine abwechselnde, doppelte Schwingungsrichtung constatiren können. Am häufigsten wird man die Sonde in einer Ebene schwingen sehen, welche die ebene Fläche der Membran rechtwinklig schneidet; aber man wird auch nicht selten beobachten, dass der Glasfaden parallel der Ebene der Membran schwingt.

Wenn nun auch diese Beobachtungen zeigen, dass kreisförmige Knotenschwingungen an graden elastischen Fäden zu Stande kommen können, wenn sie einer gradlinig schwingenden Stimmgabel aufsitzen; und wenn ferner die Axenänderung der geradlinigen Schwingung eine Eigenthümlichkeit der schwingenden Membranen darstellt, welche in unserem Falle durch das Trommelfell repräsentirt wird, so ist es doch immer noch die elliptische Schwingung, welche einer Erklärung bedarf; und zwar sind wir geneigt anzunehmen, dass die elliptische Schwingungsform dann eintritt, wenn eine kreisförmige Schwingungsform gleichzeitig durch eine Axendrehung beeinflusst wird, so dass sie als die Wirkung zweier gleichzeitig wirksamer Ursachen resultirt.

Die perpendikulär auf die Steigbügelplatte aufgesetzte zarteste Glassonde schwang an zwei verschiedenen Präparaten, wie wir es wiederholt beobachteten, bei einem Ton von 45,0, resp. 52,9 im Maximum, während das Maximum des Hammers und des Ambos bereits vorüber war. Die Schwingungsrichtung war eine sagittale; wenn die Sonde parallel der Platte stand, war die Schwingungsebene der Platte durchaus parallel; die Sonde schwang also in der Weise, wie sie schwingen würde, falls der Musculus stapedius in rasche tetanische Stösse geriethe. Im Beginne und am Ende dieser Maximalschwingung schwingt der Glasfaden rechtwinklig zur Fussplatte, also in der Weise, als wenn die Steigbügelplatte sich um ihre lange Axe drehte. Beim Steigbügel tritt es auffallend hervor, dass er ein selbstständiges Schwingungsmaximum hat. Etwas Aehnliches findet sich auch für den Ambos, jedoch folgt dessen Schwingungsmaximum fast unmittelbar auf dasjenige des Hammers und konnte daher nicht genügend durch Zahlen von denjenigen des Hammers gesondert werden.

Wie wenig übrigens die von uns beobachteten Schwingungsarten, ganz vorzugsweise aber der Axenwechsel in der Schwingungsrichtung und die stufenweise Abnahme der Schwingungsgrösse, vom Hammer zum Ambos zum Steigbügel, mit den bis jetzt geläufigen Ansichten über die Art der Schallübertragung vom Trommelfell durch die Gehörknöchelchenkette auf das Labyrinthwasser übereinstimmen, liegt auf der Hand.

Ed Weber betrachtete den Gehörknöchelchen-Apparat als einen Winkelhebel, welcher sich nur als Ganzes bewegt. Hammer und Ambos sollten nach ihm so miteinander verbunden sein, dass es diesen beiden Gehörknöchelchen nicht gestattet sei, sich in der auf der Axe senkrechten Drehungsebene gegeneinander zu bewegen, „so dass sie sich also nur gemeinschaftlich in derselben bewegen können, wie es der Fall sein würde, wenn sie gar kein Gelenk hätten und nur ein einziges Knochenstück wären.“*)

Wie sehr die Weber'sche Theorie bis in die jüngste Zeit herrschend geblieben, dafür möge folgendes Citat aus dem neusten die Physiologie der Sinnesorgane speciell behandelnden Buche Ad. Fick's Zeugniss ablegen: „Bei dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse genügt es, einzusehen: Wenn die Paukenfellmitte hin und hergeht, so muss in demselben Tempo die Fussplatte des Steigbügels tiefer in's ovale Fenster eingedrückt und herausgehoben werden.“**)

Ad. Fick hatte gewiss die Berechtigung, den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse über die Schwingungsverhältnisse des schallleitenden Apperates so zu formuliren, nachdem die Weber'sche Theorie der Uebertragung der Trommelfellschwingungen an das Labyrinthwasser fast allgemein acceptirt und gelehrt wurde. In demselben Maasse glauben wir jedoch zu der Behauptung berechtigt zu sein, dass unsere experimentellen Ergebnisse, so sehr sie auch noch den primitiven Charakter an sich tragen, und weiterer eingehender Prüfungen bedürfen, schon jetzt geeignet sind, neue, der Wahrheit näher liegende Anschauungen über den Modus der Schallfortpflanzung durch das Mittelohr zu begründen, wodurch die Unhaltbarkeit der Weber'schen Theorie mehr und mehr dargelegt werden wird.

Was nun die Fenestra rotunda anbetrifft, so lässt sich zwar nicht leugnen, dass durch die Eröffnung des Labyrinthes und die Wegnahme der Schnecke erhebliche Aenderungen in der normalen Spannung dieser Membran erfolgt sein werden, es erscheint jedoch die Indifferenz des Tympanum secundarium auf alle Fälle höchst auffallend. Um in Bezug auf diese Verhältnisse noch einige weitere Erfahrungen zu machen, griffen wir auf den von Johannes Müller angegebenen Apparat zurück, mit welchem er die Verhältnisse des runden und ovalen Fensters nachzuahmen versuchte.

Bevor jedoch über die Ergebnisse dieser Versuche berichtet werden kann, kehren wir noch einmal zu den Beobachtungen der Maximalschwingungen der Gehörknöchelchen zurück, um einestheils eventuelle Fehlerquellen zu controliren, anderntheils um weitere experimentelle Resultate mitzutheilen.

---

*) Eduard Weber. Ueber den Mechanismus des menschlichen Gehörorgans. Berichte über die Verhandlungen der Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. 1851. pag. 29.

**) Adolf Fick, Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Sinnesorgane. Lahr 1861. pag. 138. — Auch nach Wundt (Lehrbuch der Physiologie des Menschen, Erlangen 1865, pag. 571) gerathen die drei kleinen Knochen als ein Ganzes in Schwingungen, „wie dies ein einziger Knochen thun würde.“ — Funke lehrt gleichfalls, dass der aus Hammer und Ambos „zusammengesetzte Winkelhebel sich als ein einziges Knochenstuck um eine gemeinschaftliche Axe dreht.“ (O. Funke, Lehrbuch der Physiologie. Bd. II. Leipzig 1866.) — Hiermit stimmt auch G. Hermann Meyer überein (vgl. dessen Lehrbuch der physiologischen Anatomie des Menschen Leipzig 1856, pag. 276.).

Unter den von mir untersuchten Säugethieren fand ich, dass beim Meerschweinchen Hammer und Ambos wirklich nur einen Knochen bilden. Das löffelförmig gebildete Manubrium mallei stellt einen besonderen, sehr zarten Fortsatz des abweichend gestalteten Amboses dar. Für eine eingehendere Beschreibung dieser interessanten Abweichung ist hier nicht der Ort.

Es lag nahe anzunehmen, dass die Schwingungsmaxima durch die Entstehung von stehenden Wellen, je nach der Länge der Zuleitungsröhren, hervorgerufen wurden, und die bis jetzt gegebenen Zahlen sprechen mehr für als gegen diesen Verdacht. Der Fall wäre so zu denken, dass entweder in dem Windrohr der Sirene, oder in dem von dort rechtwinklig abgezweigten Kautschukschlauch sich stehende Wellen gebildet hätten, deren Knotenpunkte sich ein Mal in die Mitte des T-Rohrs stellten, das andere Mal nur eine viertel oder halbe Wellenlänge davon entfernten.

Bei der grossen Wellenlänge, um die es sich namentlich bei den niederen Tönen handelte, war dies freilich nicht wohl möglich, da das T-Rohr bald zwei Fuss, bald nur ein paar Zoll von der Sirene entfernt war. Wir haben jedoch das Verhalten dadurch direct zu prüfen gesucht, dass wir bei einem Ton von 225 Schwingungen, welcher eine Maximalschwingung des Hämmers bewirkte, ein über drei Fuss langes Glasrohr in das Zuleitungsrohr der Sirene einschalteten und nun, während wir innerhalb dieser Dimension die Länge des Sirenenwindrohrs verlängerten und verknüpften, beobachteten, ob die schwingende Sonde durch diese Manipulation mehr oder weniger zur Ruhe zu bringen sei. Ihre Schwingung blieb im Gegentheil constant, wodurch bewiesen wurde, dass in dieser Beziehung keine Täuschung vorlag.

Die zweite Möglichkeit wäre die, dass vom T-Rohr aus bis zu der, den Schluss des Röhren-Systems bildenden, Membrana tympani sich stehende Wellen gebildet hätten, deren entsprechende Länge a priori bis jetzt noch nicht anzugeben sein dürfte, weil man sie in elastischen, durch Membranen geschlossenen Schläuchen nicht studirt hat. Wir haben uns beschränkt, durch praktische Versuche diesen Sachverhalt zu prüfen. Es ergab sich, dass zwei durch *verschieden lange* Schläuche gleichzeitig durch die Sirene erregte menschliche Ohrpräparate *dieselben Maxima* zeigten. Ferner zeigte sich, dass zwei *verschieden grosse*, gespannte, mit gläsernen Fühlhebeln versehene Membranen, wenn sie durch zwei *gleich lange* Zuleitungsröhren erregt wurden, bei durchaus *verschiedenen* Tonhöhen ad maximum schwangen. Diese Beweise werden durch weiter unten mitzutheilende Versuche mit der Müller'schen Flasche unterstützt; auch hören die beiden eignen Ohren, wenn man ihnen, durch zwei verschieden lange Schläuche vom T-Rohr aus, den Ton zuleitet, die Maxima (siehe unten) zu gleicher Zeit. Wenn also stehende Wellen sich erzeugt hatten, so müssen diese jedenfalls so schwach gewesen sein, dass sie keinen wahrnehmbaren Effect hervorbrachten.

Die Beobachtung der periodischen Maximalschwingungen, wie sie das durch Töne erregte todte Ohr darbietet, begründete die Voraussetzung, dass auch das *lebendige Ohr*, wenn demselben in gleicher Weise concentrirte Tonwellen zugeführt würden, jenen Maximalschwingungen entsprechende *Maximalempfindungen* zur Wahrnehmung bringen müsse, und in der That wurde unsere Voraussetzung durch wiederholte Versuche bestätigt.

Die Zuleitung des Sirenentons geschah durch einen dicht schliessenden Kautschukschlauch in doppelter Weise. Einmal wurde der Ton durch ein T-Rohr vom Windrohr der obern Sirene aus abgeleitet, während bei einer andern Prüfung die untere Sirene von einem *Helm* von Pappe, in Gestalt einer Retorte ohne Boden, durch deren Tubulus die Axe ging, überdeckt wurde, um von diesem Helm*) aus die Töne direct in's Ohr zu leiten. Mag man nun in der einen oder andern Weise dem eignen Ohre den Ton zuführen, so zeigt sich, dass bei schnell bewegter Sirene, also bei rasch steigenden Tönen, *sehr deutliche Maxima empfunden werden*; und zwar mehr in den untern Octaven vom T-Rohr

*) Der Helm ist so gearbeitet, dass er durch dieselben Schrauben, welche sonst die Resonanzkästen fixiren, gehalten wird.

aus, mehr in den oberen vom Helm aus.*) Vom Windrohre aus lassen sich etwa 10, vom Helm aus 8 Maximalempfindungen unterscheiden. (Hensen.)

Das Trommelfell wird während des Maximum, wenn der Ton vom Windrohre aus zugeleitet wird, sehr stark erschüttert, was sich durch ein unangenehmes, fast schmerzhaftes Kitzeln verräth. Ausserdem sind die Maxima durch einen trompetenartigen Beiklang charakterisirt, ja es ist schwierig zu entscheiden, ob es dieser Beiklang ist, oder die stärkere Intensität des Tones, durch welche die Maximalempfindung bedingt wird. Bei der Zuleitung vom Helme aus wird das Trommelfell scheinbar nicht so stark in Schwingung versetzt; aber die (hohen) Töne sind weit schwerer zu ertragen.

Die Schwingungszahlen für die vom Zuleitungsrohre aus bewirkten Maximalempfindungen sind an und für sich werthlose Zahlen, weil das Trommelfell in Folge des Luftdruckes**) abnorm gespannt ist und weil der Ton, in Folge der Luftströmung im Rohre, bei Steigerung des Sirenentons, niedriger ist, als ihn das Zählerwerk angibt; es möge ihnen jedoch hier ein Platz gegönnt sein.

Hensen.	Schmidekam
37,5	
56,25	69,76
69,23	
100,0	128,0
120,0	
266,66	

Einige Maxima sind nicht genauer gezählt.

Es liegen noch zwei Reihen von Maximalbestimmungen vor, wo der Ton vom Helm aus dem Ohre zugeleitet wurde, wo also die abnorme Spannung des Trommelfells und die Aenderung der Tonhöhe ausgeschlossen waren. Diese Bestimmungen sind jedoch deshalb mangelhaft, weil die Unterscheidungsfähigkeit für die Maxima abnimmt, wenn der Ton so langsam steigt, wie es die Zählung erfordert. Die nachfolgenden Schwingungszahlen entsprechen in ihren beiden Reihen Maximalempfindungen, wie sie von Hensen gefunden worden sind:

60	45
105,9	60
180	112,5
257	150
300	257,2
400	450
450	514
600	900

*) Durch dieses Experiment lässt sich mit Leichtigkeit constatiren, dass sich die tiefen Töne der Sirene viel intensiver nach rückwärts, d. h. in das Zuleitungsrohr und den Binnenraum des Gebläses, verbreiten, als die hohen Töne; und dass umgekehrt die hohen Töne sich auffallend stärker nach vorwärts, also durch den Helm, wirksam zeigen, als die tiefen. Für dieses Verhalten sprechen weiter unsere bereits mitgetheilten Schwingungsexperimente, wo die Tonzuleitung vom Windrohre aus geschah, im Vergleich zu den noch zu beschreibenden, wo der Ton vom Helme aus dem todten Ohre zugeleitet ward. Helmholtz' Beobachtung, dass ihm, bei gleich bleibender lebendiger Kraft, die hohen Töne der Sirene in der Empfindung ausserordentlich viel stärker erschienen, als die tiefen, (die Lehre von den Tonempfindungen u. s. w. pag. 261) erfährt durch diese Experimente eine Erweiterung.

**) Derselbe entsprach dem Drucke einer Wassersäule von 75 Millimetern. Da es Bedingung war, ihn constant zu erhalten, so musste die Fixation der einzelnen Töne, behufs der Zählung ihrer Schwingungszahl, durch eine an der Sirenenscheibe schleifende Feder, nach Helmholtz' Vorgange, bewerkstelligt werden.

Die Zahlen widersprechen sich, wie man sieht, mehrfach. Es wäre denkbar, dass dieser Widerspruch durch unregelmässige Spannung der Binnenmuskeln des Ohres hervorgerufen sei. Weitere Zahlen liessen sich leider nicht gewinnen, weil sich die Versuchsweise als eine zu angreifende erwies. Ich musste, für meine Person, ganz davon abstehen, weil die Beobachtung in Folge nauseoser Zustände gehindert ward, und weil ich noch nachher stundenlang durch ein intensives Ohrklingen und Eingenommensein des Kopfes belästigt wurde. Hensen vertrug diese Experimente zwar besser, aber gleich nach dem letzten Versuch stellte sich auch bei ihm neben einem starken Ohrenklingen die unangenehme Erscheinung ein, dass jeder laute Ton der eigenen Sprache in dem betreffenden Ohre klirrend nachhallte, gewissermaassen resonirt wurde. Diese letzte Erscheinung habe auch ich in meinem Ohre empfunden, jedoch nur für die Dauer von 5 bis 10 Minuten; während sie sich bei Hensen neben dem Ohrenklingen 4 Tage lang erhielt. Hensen konnte bei dieser Gelegenheit beobachten, dass das Ohrenklingen durch Gähnen sehr beträchtlich verstärkt ward, so dass der sonst dabei so hervortretende Muskelton fast vollständig überhört wurde.

Schliesslich wurden nun auch noch einige Ohrpräparate bei der Tonzuleitung durch den oben beschriebenen Helm von der unteren Sirene aus auf ihre Schwingungen geprüft. Die Resultate dieser Versuche sind in so fern werthvoller, als einestheils jeder abnorme, auf dem Trommelfell lastende Luftdruck ausgeschlossen war und als anderntheils die Wirkung höherer Töne besser studirt werden konnte: dagegen tritt die Wirkung der tiefen Töne bei dieser Methode der Zuleitung mehr zurück, als bei den früheren, wo die Tonableitung jenseits der Sirene, also vom Windrohr aus, geschah. Die Möglichkeit einer Störung, welche durch Resonanz der Töne im Helme eintreten konnte, war freilich bei diesen Versuchen nicht ausgeschlossen. Es wurden in dieser Weise drei verschiedene menschliche Ohrpräparate und die Ohren einer jungen Katze geprüft. Das eine Menschenohr war in so fern pathologisch verändert, als sich sowohl vom Trommelfell aus, als auch vom oberen Abschnitte des langen Fortsatzes des Amboses aus zwei pseudoligamentöse Fäden am Promontorium inserirten. Von diesen pathologischen Producten wurde der vom Trommelfell entspringende dünne, aber sehr resistente Faden nahe an seinem Befestigungspunkte abgeschnitten, während wir die Adhäsion des Ambos so liessen, wie ihn die Krankheit geschaffen. Von den beiden unten mitgetheilten Beobachtungsprotocollen bezieht sich das zweite auf dieses Präparat. Von den beiden physiologisch normalen Ohren geben wir nur eine Beobachtungsreihe, weil bei einem dieser beiden Ohren ein Unfall eintrat, welcher den Gebrauch der Sirene für die nächste Zeit sistirte; dennoch genügte auch dieser Versuch, um allgemeine Verhältnisse zu bestätigen.

Prüfung eines normalen Ohrpräparates vom Menschen: Ein 11 Centimeter langer, 5,5 Milligramme schwerer Glasfaden war mittelst des Lucae'schen Kittes am Hammergriffe befestigt. Tonzuleitung von der untern Sirene durch den Helm.

Schwingungszahlen:	Beobachtung während derselben:
111,1	Schwache, fächerförmige Schwingung, welche jedoch nur mittelst einer starken Loupe constatirt werden kann.*)

*) Ein späterer Sondenwechsel belehrte uns, dass die relative Dicke der Sondenspitze an der mangelhaft sichtbaren Schwingung die Schuld trug.

Schwingungszahlen:	Beobachtung während derselben:
166,6	Auch diese, obwohl stärkere Schwingung wurde mikroskopisch beobachtet.
277,7	Ebenfalls mikroskopisch beobachtete, schwache fächerförmige Schwingung.
323,1 327,3	Schwingung mit 3 Knoten in der Richtung der Gehörgangsaxe.
642,9 666,6	Schwingung mit 4 Knoten in der Richtung der Gehörgangsaxe.
1011,2 1020,8 1022,7	Schwingung mit 5 Knoten

Zwischen diesen einzelnen Maximalschwingungen zeigte die Sonde absolute Ruhe, mit Ausnahme eines nicht genau gezählten, etwa bei 500 liegenden, Maximums.

Prüfung des pathologischen Ohrpräparates vom Menschen. Ein 12,5 Centimeter langer, 5 Milligramm schwerer Glasfaden war auf dem Hammergriff befestigt; die parallel zur Fussplatte, nach oben gerichtete Sonde des Steigbügels war 4 Mgrm. schwer und 7,5 Cm. lang. Zuleitung des Sirenentons durch den Helm.

Schwingungszahl:	Beobachtung während derselben:
61,5	Die Hammersonde schwingt, einen Bausch bildend. 2 Mal beobachtet. Steigbügel in Ruhe.
125,0 128,2 133,3	Schwingung der Hammersonde mit 2 Bäuschen; Stapessonde ruhig.
315,5 333,3	Schwingung der Hammersonde mit 3 Bäuschen. Stapessonde ruhig.
428,6	Schwingung der Hammersonde mit 5 Bäuschen. Drei Mal beobachtet. Stapes in Ruhe.
600,0	Die Hammersonde schwingt mit 7 Bäuschen; die Steigbügelsonde fängt an der Spitze an fächerförmig zu schwingen.
666,6	Schwingungsmaximum der Steigbügelsonde mit 3 Bäuschen. Hammersonde nur noch schwach fächerförmig schwingend.
841,1	Dieselben Verhältnisse wie bei dem Tone von 600 Schwingungen.
900,0	Zweites Schwingungsmaximum der Steigbügelsonde mit 4 Bäuschen. Die Hammersonde schwingt nur noch schwach fächerförmig.

Aus dem Beobachtungsprotokoll der leider unterbrochenen Prüfung des zweiten normalen menschlichen Ohrpräparates, bei welchem alle drei Gehörknöchelchen, an den bekannten Punkten, mit zarten Glasfäden besetzt waren, theile ich noch in Kürze mit, dass die Schwingungszahlen 263,2 einem

Maximum mit 5 Bäuschen in der Ambossonde entsprach. Kurz vorher (d. h. bei einem etwas tiefern Ton) schwang auch die Hammersonde ad maximum; nach kurzer Ruhe zeigte die letztere eine schwächere Maximalschwingung bei einem Ton von 294,1 Schwingungen in der Secunde. Ein zweites Schwingungsmaximum der Ambossonde wurde bei der Schwingungszahl 343,2 notirt; während desselben schwang auch noch die Hammersonde, jedoch bei Weitem nicht mehr ad maximum.

Auch diese Versuche zeigen, dass die Maximalschwingungen der drei Gehörknöchelchen nicht gleichzeitig auftreten, wenn auch die Schwingungszahlen für ihre Maxima nicht weit von einander entfernt liegen. Es scheint fest zu stehen, dass die Reihenfolge, bei steigendem Ton, ihrer Lage zwischen Trommelfell und ovalem Fenster entspricht, so dass von naheliegenden Tönen, der tiefere den Hammer, der mittlere den Ambos und der höchste den Steigbügel in sichtbare Maximalschwingungen versetzt.

Das eingehendere Studium dieser und anderer hieran sich knüpfender Verhältnisse, ganz besonders aber die Prüfung des Einflusses der beiden Binnenmuskeln des Mittelohres auf die Schwingungsverhältnisse der Gehörknöchelchen würde den Gegenstand meiner nächsten Arbeiten bilden, wenn mich nicht äussere Verhältnisse zwängen, diesen rein wissenschaftlichen Bestrebungen ein Ziel zu setzen.

Prüfung des Katzenohrpräparates. Paukenhöhle von unten geöffnet; Glassonde, 12 Mgrm. schwer, 9,3 Cm. lang, am Hammerstiel befestigt. Alle Gehörknöchelchen in situ; Labyrinth uneröffnet. Tonzuleitung durch den Helm der Sirene.

Schwingungszahl des zugeleiteten Sirenentons.	Beobachtung der Hammersonde während jener Zahl.
76,92	2 Knoten (3 Mal beobachtet).
113,21	2 Knoten (3 Mal beobachtet).
225,0	3 Knoten (2 Mal beobachtet).
450,0	ohne Knoten, unreine starke Schwingung (2 Mal beobachtet.
529,41	4 Knoten (2 Mal beobachtet).
782,61	5—6 Knoten.
857,14	1 langer Bausch, 2 Knoten (2 Mal beobachtet).

Unter diesen Maximalschwingungen traten die 3te und 6te als ganz besonders starke und leicht zu fixirende Schwingungen hervor.

Versuche mit der Müller'schen Flasche.

Unter dem Namen der Müller'schen Flasche verstehen wir jenen Apparat, in welchem Johannes Müller „den doppelten Leitungsapparat der Trommelhöhle" nachzubilden suchte,*) um mit ihm die Verhältnisse des runden und ovalen Fensters zu prüfen. Sein Verfahren ist, so viel wir wissen, bis

*) Johannes Müller. Handbuch der Physiologie des Menschen. Bd. II. pag. 413.

jetzt niemals wiederholt worden. Er nahm bekanntlich einen Glascylinder, welcher an einem Ende in einen Hals auslief. In diese engere Oeffnung setzte er eine hölzerne Röhre, welche an einem Ende mit einer Membran überzogen war, luftdicht ein, so dass die nach aussen offene Röhre den äussern Gehörgang, die das innere Ende schliessende Membran das Trommelfell darstellte. Die weitere Oeffnung des Glascylinders war durch einen Kork verschlossen, welcher zwei Mal durchbohrt war, um zwei kleinere kurze gleichfalls mit Membranen überzogene Holzröhren aufzunehmen. Diese Röhrchen mit ihren Membranen stellten die beiden Fenster des Labyrinthes dar, von denen das ovale dadurch gekennzeichnet war, dass ein hölzerner Stab von seiner Membran zur Mitte des künstlich dargestellten Trommelfells verlief. Dieser Stab, welcher die Gehörknöchelchen darstellen sollte, war am Ende des ovalen Fensters verbreitert, so dass er in eine Platte auslief, welche nur wenig kleiner war, als die Membran der Röhre; er hielt beide Membranen, sowohl die des Trommelfells, als die des ovalen Fensters etwas gespannt. Dieser Apparat wurde mit dem weiteren Ende unter Wasser gehalten, und in den künstlichen Gehörgang eine Pfeife eingesetzt, um mittelst eines Conductors, der an die verstopften Ohren gelegt ward, die Stärke der in der Pfeife von einem Gehülfen erzeugten Tonwellen, welche durch die beiden Fenster ins Wasser gelangen sollten, an diesen beiden Orten durch das eigne Gehör zu prüfen.

Die Verschiedenheit der Leitung durch den Stab zum ovalen Fenster im Vergleich zu der Leitung durch die Luft der Paukenhöhle zum runden Fenster war höchst auffallend. Während die erste Leitung eine ausserordentlich starke war, bemerkte Müller, dass die Leitung durch die Membran des runden Fensters wenig stärker war, als durch die festen Theile der Korkplatte.

Wir haben diesen Apparat nachzubilden gesucht, haben denselben jedoch theils absichtlich, theils absichtslos modificirt, weil uns kein ganz gleicher Cylinder zu Gebote stand und weil es uns practischer schien, den hölzernen Stab durch eine gläserne Columella und die Schweinsblase durch eine etwas zartere Membran zu ersetzen; auch liessen wir die Columella nicht ohne Weiteres auf der Mitte des Trommelfells enden, sondern wir liessen den winklig gebogenen gläsernen Stab das eine Mal von der Mitte nahe an den Rand des Trommelfells gehen; das andere Mal stand die Columella in einer Vertiefung eines aufgeklebten die Mitte des Trommelfells in zwei Hälften theilenden, Holzstäbchens im Centrum des Trommelfells eingeleimt.

Anfänglich benutzten wir eine florentiner Flasche, in deren Tubulus eine zuleitende Glasröhre (Gehörgang) eingefügt wurde. Diese Röhre war rechtwinklig geknickt, und hatte im Innern der Flasche eine trichterförmige Erweiterung, über welche eine Membran (Trommelfell) gespannt wurde. Die Stellung des Trichters war eine derartige, dass der Boden der Flasche sich zur Membran fast parallel verhielt. Die weite obere Mündung der Flasche war durch einen Kautschukpfropf geschlossen; zwei Bohrlöcher in demselben, welche durch kurze weite an einem Ende mit Membranen überspannte Glasröhren ausgefüllt waren, stellten die beiden Labyrinthfenster dar. Die 1,0 bis 1,5 Millimeter dicke Columella war auf den beiden zu verbindenden Membranen mittelst Leim festgeklebt. Am ovalen Fenster bildeten sie eine, das Fenster fast ausfüllende Platte, während sie von der Mitte des Trommelfells eine entsprechend geknickte Verlängerung besass, welche bis nahe an die Peripherie dieser Membran reichte.

Die ersten von uns mitzutheilenden Versuche sind mit dieser Flasche angestellt, während wir später in den Besitz einer passenderen Kugelflasche gelangten, welche aber gleichfalls den Nachtheil darbot, dass ihre beiden Oeffnungen nicht einander gegenüber, sondern rechtwinklich zu einander standen. Dennoch war sie durch ihre Form und bessere Proportion der beiden Oeffnungen zu einander

und zum Kubikinhalt der Flasche, sofern sie die Paukenhöhle u. s. w. nachahmen sollte, der Florentinerflasche vorzuziehen und wurde deshalb auch zu dem grössten Theil dieser Experimente verwendet.

Den Gehörgang stellte ein Blechrohr dar, welches in einen flachen Trichter sich erweiterte. Ueber diesen 4,5 Cm. im Durchmesser weiten Trichter war eine Membran gespannt, auf welcher das bereits oben erwähnte 2,5 Mm. breite und dicke, 21 Mm. lange Holzstückchen gleichfalls mittelst Leim befestigt war. Die Mitte dieses Hölzchens besass eine Grube zur Aufnahme des einen knopfartig abgerundeten Columellaendes, welche genau dem Mittelpunkte der Membran entsprach. Senkrecht über diesem Punkte lag das ovale Fenster, gleichfalls durch ein entsprechend weites, kurzes, in der Korkplatte eingekeiltes Glasröhrchen mit Membran dargestellt. Die Columella wurde nun mit dem Knopf in der Grube des Hölzchens, mit der Endplatte an der Membran des ovalen Fensters festgeleimt. Symmetrisch zum Rande der grossen Flaschenöffnung, resp. der verschliessenden Korkplatte war das runde Fenster angebracht, und ausserdem war der Kork noch ein drittes Mal durchbohrt, um durch eine dünne Glasröhre, welche mit einem verschliessbaren Gummischlauch in Verbindung stand, den Apparat durch eine künstliche Tube zu vervollständigen. Der Cubikinhalt des in dieser Kugelflasche dargestellten Cavum tympani betrug 750 Ccm. Die gläserne Columella war 1,5 Mm. dick und 13,8 Cm. lang.

Der erste Versuch wurde mit der florentiner Flasche angestellt, um etwaige Schwingungen der Columella und der beiden Fenstermembranen zu beobachten, wenn in den nachgeahmten Gehörgang, wie bei den Ohrpräparaten, der Sirenenton vom Windrohr aus zugeleitet wurde. Die Beobachtung ergab nun, dass die Columella bei gewissen Tonhöhen in mächtige Transversalschwingungen gerieth, und zwar fiel die Richtung der Maximalschwingungen abwechselnd in die Ebene des Winkels, mit welchem die Columella auf das Trommelfell geklebt war, und in eine Ebene, welche jene rechtwinklig schneidet. Die Schwingungsart war diejenige einer Saite, welche als ein Ganzes schwingt. Diese Schwingungsrichtung und Art blieben die gleichen, wenn der, die Columella darstellende, Glasstab fast gerade verlief, oder wenn er, wie wir das später zu thun genöthigt waren,*) in seiner Mitte zwei Mal rechtwinklig geknickt war.

Die Schwingungszahlen derjenigen Töne, welche jene starken Maximalexcursionen der Columella veranlassten, standen in einem einfachen Verhältniss zu einander, nämlich, wie 2: 3: 4: 6; wie aus der nachfolgenden Beobachtungsreihe hervorgeht:

Schwingungszahl:	Schwingung der Columella als Ganzes:
37,5	in der Ebene des Winkels.
56,25	rechtwinklich auf diese Ebene.
75,0	in der Ebene des Winkels.
112,5	rechtwinklich zu dieser Ebene.

Bei diesen starken Transversalschwingungen, welche eine Excursion von mindestens 1 Centimeter repräsentirten, gerieth der auf die Membran des ovalen Fensters gestreute Sand in starke Bewegung, während er in der Zwischenzeit fast ruhig lag. In gleicher Weise war auch in den Zwischenzeiten an

*) Die gerade Columella verlief nämlich nicht genau in der Mittellinie des kleinen, das ovale Fenster darstellenden, Glasröhrchens, was ein Anschlagen des Glasstabes — und dadurch die Erzeugung eines hohen Tones — während der starken Schwingungen zur Folge hatte.

der Columella keine Bewegung sichtbar. Bei dem Ton von 580 Schwingungen trat noch einmal eine deutlichere Bewegung des Sandes auf, ohne dass jedoch gleichzeitig Transversalschwingungen der Columella zu beobachten waren.

Von Anfang an ward, wie es schien unabhängig von der Stärke der Transversalschwingungen, ein auf die Endplatte der Columella aufgesetzter hölzerner Stab stark durchdröhnt. Diese durch die Hand deutlich fühlbare Dröhnung ward jedoch unmerklich bei Tönen von über 400 Schwingungen.*)

Vor den notirten Schwingungen zeigte die Columella durch die Sirenenstösse bedingte Erschütterungen, welche aber, ähnlich wie an einem ausgespannten, an einem Ende erschütterten, transversal in aliquoten Theilen schwingenden Seile, in raschester Folge über dieselbe hinglitten. Hierbei kam der Glasstab in sichtbare Bewegung und zwar dann, wenn die Sirene 11,25 und wenn sie 17,64 bis 18,0 Stösse in der Secunde erzeugte. Die Richtung dieser Schwingungen entsprach der Ebene des Winkels. Die Transversalschwingungen der Columella sind in gewisser Beziehung wohl als accessorisches Phänomen aufzufassen; weil man durch Einblasen von Luft in die Tuba, also durch Entfernung des Trommelfells von der Membran des ovalen Fensters, die schwingende Columella sofort zum Stillstand bringen kann; während dagegen, wenn durch Luftverdünnung im Cavum tympani die Membranen einander genähert werden, der Stab sich ein wenig biegt, stärker schwingt und leichter in Schwingung zu setzen ist.

Die Membran des runden Fensters verrieth zu keiner Zeit auch nur die geringste Bewegung; ausgenommen der sehr erklärliche Fall, wo die erste gerade Columella bei ihren starken Schwingungen den Rand des Glasröhrchens, welches das ovale Fenster darstellen sollte, bei jeder Excursion berührte.

Dieser Versuch wurde noch einmal mit einer absichtlichen Modification wiederholt. Während nämlich im vorigen Falle die Sirene 118 Centimeter von der das Trommelfell darstellenden Membran entfernt war, wurde jetzt der Kautschukschlauch um so viel verlängert, dass die Entfernung 255 Cm. betrug. Die Schwingungen der Columella waren unter dieser Bedingung qualitativ geringer, traten jedoch bei den gleichen Tonhöhen**) ein, wie beim vorigen Versuche; nur das letzte Maximum bei 112,5

---

*) Als später der Ton durch den Helm zugeleitet wurde, blieben die Dröhnungen unverändert bei bis zu den höchsten Tönen.

**) Ob die Töne, welche die Schwingungsmaxima hervorbrachten, genau den gezählten Stössen der Sirene entsprechen, oder ob es der erste und zweite Oberton dieser Stösse gewesen ist, müssen wir dahin gestellt sein lassen.

Helmholtz (Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik, pag. 265.) hat zwar nachgewiesen, dass bei einer Umdrehungsgeschwindigkeit der Sirene, welche 40 Luftstössen in der Secunde entspricht, nicht der Grundton von 40 Schwingungen, sondern der zweite Oberton desselben, dass ferner bei Tönen zwischen 40 und 80 Schwingungen der erste Oberton, und erst bei Tönen von mehr als 80 Luftstössen der Grundton gehört wird. Bei der von uns regelmässig beobachteten stärkeren Wirkung der tieferen Sirenentöne vom Windrohre aus, im Verhältniss zu der Leitung durch den Helm, ist die Annahme wohl gerechtfertigt, dass die Stärke des Grundtons diesseits und jenseits der Sirene nicht übereinstimmt. Eine Prüfung der Zahl der Schwebungen bei Umdrehung der Kurbel, wenn in beiden Sirenen die gleiche Löcherzahl angezogen ist, während man vom Zuleitungsrohre oder vom Windkasten aus einen Gummischlauch in's eigne Ohr leitet, würde hierüber mit aller Wahrscheinlichkeit Aufschluss geben. Leider haben wir es damals unterlassen, durch eine directe Prüfung diese Frage zu beantworten, und heute steht uns die Sirene nicht mehr zur Verfügung. In unserem Falle machte es den Eindruck, wenn wir die Schwingungen in ihrer Entwicklung verfolgten, als wenn der Stab direct den Stössen der Sirene gehorche und nicht allein den rascheren Obertönen.

Schwingungen blieb aus, was wir durch die Abschwächung des Tones auf seinem Wege durch den langen, relativ engen, Kautschukschlauch, erklären möchten. Man kann schon durch das Gefühl nachweisen, dass die starke Erschütterung im Gummischlauch in der Länge desselben ziemlich rapide abnimmt.

Die Uebertragung der Schallwellen durch die Columella an das ovale Fenster wurde nun noch durch weitere Versuche, bei welchen jedoch stets die oben beschriebene Kugelflasche als Apparat zur Verwendung kam, in verschiedener Weise studirt.

Zwei Beobachtungsreihen beziehen sich auf die Schwingungen von Sonden, welche auf die beiden Fenstermembranen aufgekittet waren. Die Sonde des ovalen Fensters war so im Centrum der Membran aufgesetzt, dass sie gewissermassen die Verlängerung der Columella bildete. Diejenige des runden Fensters stand ihr parallel; beide nahmen während des Experimentes eine senkrechte Lage ein. Die Länge dieser Glasfäden betrug ungefähr 20 Cm. Sie waren an ihrer Befestigungsstelle zu einer Platte verdickt; ihre untere Hälfte war circa ½ Mm., die obere höchstens ⅛ Mm. dick.

Auch an diesen Glasfäden beobachteten wir, ähnlich wie bei den Ohrpräparaten, periodische, an gewisse Tonhöhen gebundene Maximalschwingungen. Diese Schwingungen zeigten sich nicht ohne Weiteres von den Tranversalschwingungen der Columella abhängig, wenigstens konnten wir einen solchen Zusammenhang nicht nachweisen. Natürlich musste bei Transversalschwingungen der Columella auch der Glasfaden schwingen, jedoch geschah dies nicht in der ruhigen Weise, in der reinen Form, welche die meisten bisher von uns als Maxima bezeichneten Schwingungen charakterisirten. Bei der ersten Anfertigung des Kugelflaschenapparates waren die Verhältnisse so modificirt, dass die Columella kaum 8 CM. lang war; gleichzeitig war sie reichlich 2 Mm. dick. Bei dieser Anordnung waren garkeine Transversalschwingungen der Columella sichtbar; wohl aber traten die periodischen Maxima des aufgesetzten Glasfadens ein. Die Transversalschwingungen der 13,8 CM. langen und 1.5 Mm. dicken Columella, wie sie in der, zu den übrigen Versuchen verwandten, Kugelflasche angebracht ist, sind beider in Beziehung auf die sie erregenden Schwingungszahlen nicht genauer bestimmt worden, so dass ein Zahlenbeleg in dieser Sache jetzt nicht geliefert werden kann. Da es wahrscheinlich erscheinen konnte, dass die Schwingungen dann eintreten mussten, wenn der zugeleitete Ton in derselben Periode die Stösse ertheilte, wie sie der Glasfaden oder aliquote Theile desselben nach seiner Form und Elasticität geben musste, so wurde diese Frage durch directe Versuche erledigt. Man mochte nämlich den Glasfaden, während einer constant erhaltenen Maximalschwingung kürzen, so oft man wollte, der restirende Faden fuhr fort zu schwigen so lange der Ton in constanter Höhe gehalten wurde.

Die Tonzuleitung geschah auch hier in zweifacher Weise, ein Mal vom Zuleitungsrohr der Sirene aus und dann vom Helm aus.

Schwingungszahlen für die Maximalschwingungen der Sonde des ovalen Fensters bei Zuleitung des Tons vom Windrohr der Sirene aus.

Die ersten Sirenenstösse bis zu 35,0 gaben fortwährend kleine Erschütterungen.

Bei:

45,0 Stössen Maximalschwingung mit 2 Knoten.
64,3 „ Unreine Schwingung.
90,0 „ Maximalschwingung.
168,75 „ Maximalschwingung.
300,0 „ Maximalschwingung mit 4 Knoten.

Dieser Ton wurde längere Zeit hindurch constant erhalten und während dessen die Sonde um 8 Cm. gekürzt. Die Kürzung hatte wohl Einfluss auf die Knotenzahl, jedoch nicht auf die Schwingungsgrösse selbst.

Die Sonde des runden Fensters zeigte nur im Anfange der Sirenenbewegung kleine unregelmässige Schwankungen und blieb später absolut ruhig.

Wiederholung desselben Versuches unter gleichen Bedingungen.

Zahl der Sirenenstösse:

16,4
22,5
26,5
34,6 ..... Während dieser Periode zeigen die Sonden beider Fenster unregelmässige Schwankungen, welche während der angegebenen Zahlen am stärksten beobachtet wurden.

37,5..... Beginn einer wirklichen, jedoch unreinen, fächerförmigen Schwingung.

45,0..... Erstes Schwingungsmaximum. Die Sonde schwingt in der Weise, dass sie bis nahe vor ihrem Ende einen einzigen Bausch bildet, welcher vor der Spitze in einen Knoten ausläuft, dem wieder die fächerförmig schwingende Spitze folgt. Die Schwingung beginnt in der Richtung der Gehörgangsaxe (Axe des Blechrohrs), sie ändert sich dann durch eine Drehung um 45,°; dreht sich dann noch weiter, um ad maximum rechtwinklich zur Gehörgangsaxe zu schwingen. Bei Steigerung des Tons und davon abhängiger Abschwächung der Schwingung macht die Sonde wieder eine Drehung, um schliesslich in der ursprünglichen Richtung der Gehörgangsaxe auszuschwingen und ruhig zu bleiben, bis bei

90,0..... ein zweites Schwingungsmaximum zur Beobachtung kommt, dessen Richtung durch die Axe des Gehörgangs bezeichnet wird. Die Sonde bildet 2 Bäusche. Bevor die Sonde zur Ruhe kömmt, wird die Schwingung unrein.

180,0..... Drittes Schwingungsmaximum mit mehreren Bäuschen. Die Maximalschwingung geschieht in der Richtung rechtwinklich zur Gehörgangsaxe; Anfang und Ende der Schwingung hat die Richtung der Gehör-

gangsaxe; während dieser Periode ist die Schwingungsform wechselnd geradlinig, elliptisch und rund.

Bei einem Ton, welcher etwas unter

277,0..... zu liegen schien, wurde noch eine schnell vorübergehende und daher schwer zu fixirende und nicht genauer gezählte Maximalschwingung beobachtet.

300,0..... Maximalschwingung mit mehreren Bäuschen.

Bei dem Ton von

533,3..... schien noch eine Schwingung aufzutreten; jedoch war dieselbe so zart und schnell vorübergehend, dass die letzte Zahl nur eine sehr fragliche Bedeutung hat.

Die Sonde des runden Fensters zeigte auch während dieses Versuches, mit Ausnahme der ersten notirten Schwankungen, keine Bewegung.

Wiederholung desselben Experimentes mit der Abanderung, dass der Sirenenton vom Helm aus zugeleitet ward. Das Trommelfell stand also unter keinem gesteigerten Luftdruck.

Zahl der Sirenenstösse nach mehrfachen Zählungen:

37,5 — 38,46..... Maximalschwingung mit 3 Knoten.

75,0 (3 Mal gezählt) ..... Maximalschwingung mit vier 42 Millimeter langen Bäuschen.

150,0 — 151,57 — 153,07 ..... Schwache Maximalschwingung mit vier deutlichen, 35 Millimeter langen Bäuschen.

230,7 — 240,0 ..... Maximalschwingung.

300,0 (mehrfach gezählt) ..... Maximalschwingung mit 4 deutlichen Knoten.

355,5 — 369,23 ..... Schwache Maximalschwingung mit 5 Knoten.

450,0 (drei Mal gezählt) ..... Maximalschwingung mit 5 Knoten.

562,5 — 571,3 ..... Maximalschwingung mit 6 Knoten; die einzelnen Bäusche hatten eine Länge von 28 Millimetern.

600,0 (zwei Mal gezählt) ..... Maximalschwingung mit 7 Bäuschen.

Das runde Fenster verhielt sich auch bei diesem Experiment indifferent.

Setzt man anstatt der schwingenden Sonde einen Stab auf das ovale Fenster, so fühlt die den Stab haltende Hand, während dieser ganzen Periode, die Dröhnung scheinbar unverändert, und es haben desshalb diese Schwingungsmaxima etwas Auffallendes. Um zu sehen, ob durch die Stösse in der

Längsrichtung der Columella nicht etwa Schwingungen hervorgebracht würden, ward an den perpendikulären gläsernen Fühlhebel ein zweiter, rechtwinklig von ihm abgehender Glasfaden befestigt. Beide Fäden schwangen jedoch im Ganzen ähnlich und gleichzeitig, obwohl die stärksten Maxima nicht immer ganz genau zusammenfielen. Wie beide Fühlhebel ihre gleichzeitigen Schwingungsperioden hatten, so verharrten sie auch beide zwischen den einzelnen Schwingungen in scheinbar absoluter Ruhe. Auch bei dem horizontal gelagerten Fühlhebel waren die Schwingungsmaxima unabhängig von seiner Länge, wie wiederholte Verkürzungen ergaben.

Diese Beobachtungen berechtigen zu der Annahme, dass die Columella nicht in ihrer ganzen Masse auf- und abwärts schwingt, sondern dass die einzelnen Tonpulse mit Hülfe von Verdünnung und Verdichtung ihrer Masse — also als wahre Molekularschwingung*) — durch sie hindurch laufen, welche sich periodisch in den Glasfäden in eine transversale Schwingung umsetzten.

Es wurden nun noch mehrere Versuche mit der Müller'schen Flasche angestellt, welche den Zweck verfolgten, Aufschlüsse über die Art der Schallwellenübertragung an das Labyrinthwasser zu erlangen.

Wir tauchten den ganzen wasserdichten Apparat unter Wasser, indem wir ihn an einem Tau befestigten, welches über eine Rolle geleitet war, so dass wir die Flasche verschieden tief in das Wasser einsenken konnten. Um ein Schwimmen zu vermeiden, war die Flasche durch ein angehängtes entsprechendes Gewicht schwerer gemacht. Während so die nach oben gerichteten Fenstermembranen sich dicht unter der Oberfläche des Wassers befanden, wurde der Sirenenton in den Gehörgang (Blechrohr) geleitet, und es zeigten sich, so lange die Anzahl der Stösse eine geringe war (bis etwa zu 30 bis 40 Stössen in der Secunde) oberhalb des ovalen Fensters nur bei günstiger Beleuchtung eben sichtbare, schwache concentrische Wasserwellen. Diese Erscheinung trat aber nur dann ein, wenn die Membran sich dicht unter dem Wasserspiegel befand; sie verschwand, sobald der Apparat um ½ Cm. gesenkt wurde. Später, als die Sirenenscheibe in schnellere Umdrehungen gerathen war, liess sich keine Bewegung des Wassers mehr erkennen, auch dann nicht, wenn die Columella in starke transversale Schwingungen gerieth. Auch im Wasser suspendirte Partikelchen, wie Gyps oder Lycopodium, zeigten keine Bewegung. Dagegen trat ein anderes interessantes Phänomen ein. Wenn der Apparat etwas tiefer, etwa 3 Zoll, eingetaucht war, fühlte man nicht nur die schon oben erwähnten Dröhnungen bei Berührung der Membran des ovalen Fensters, sondern auch im Wasser selbst, oberhalb des ovalen Fensters, bis zu einem halben Zoll von ihm entfernt, hatte man am Finger das Gefühl, als wenn Wasser kräftig an demselben hingetrieben würde, wobei man bekanntlich den Eindruck einer zitternden Bewegung empfängt. Nichts desto weniger konnten wir, wie gesagt, eine Bewegung nicht sichtbar machen; auch dadurch nicht, dass wir einen am Ende kugelig angeschwollenen, rechtwinklich gebogenen, leicht beweglichen gläsernen Fühlhebel so auf der Korkplatte befestigten, dass die kleine Kugel dicht oberhalb des ovalen Fensters schwebte. Auch bei diesen Versuchen war am runden Fenster keine Spur von Bewegung zu erkennen.

---

*) Natürlich sind hiervon die periodischen oben beschriebenen Transversalschwingungen der Columella ausgenommen.

Der ganze Apparat wurde nun in eine, ungefähr 8 Fuss lange, mit Wasser gefüllte Rinne gelegt, um das ovale Fenster mit einer 3, resp. 6 Fuss langen, 4 Linien im Durchmesser weiten Glasröhre unter Wasser in Verbindung zu bringen. Die Glasröhren hatten in ihrer Mitte eine seitliche runde Oeffnung vom Durchmesser des Lumens der Röhre, welche, wie das eine Ende der Röhre, mit einer Membran verschlossen ward, die in starke tönende Schwingungen gerieth, wenn man, die Scala singend, die Röhre im Munde hielt. Eine dieser Röhren ward nun mit ausgekochtem destillirten Wasser gefüllt und dann vorsichtig unter dem Wasser der Rinne mit dem ovalen Fenster in Verbindung gebracht. Diese Verbindung war eine verschieden feste; die lange Röhre war trichterförmig erweitert, so dass sie über das ovale Fenster gestülpt gegen die Korkplatte der Kugelflasche gepresst werden konnte; die kürzere Röhre dagegen wurde durch einen kurzen Gummischlauch fest mit dem ovalen Fenster verbunden. Die beiden Membranen waren mit zarten gläsernen ca. 15 bis 20 Cm. langen Fühlhebeln versehen, welche jede ihrer Bewegungen deutlich anzeigen mussten. Als wir jedoch den Ton der Sirene in die Müller'sche Flasche leiteten, so dass sich also die Tonschwingungen direct in das Wasser der Röhre fortsetzen mussten, verhielten sich die Fühlhebel absolut ruhig, und zwar nicht nur unter Wasser, sondern auch dann, wenn wir die Membranen über das Niveau des Wannenwassers erhoben. Das Resultat war also ein negatives, den Erwartungen nicht entsprechendes. Jedoch hat schon Wertheim darauf aufmerksam gemacht, dass die Schwingungen des Wassers durch sehr kleine Verunreinigungen und Luftblasen erheblich gestört werden.*) Wir konnten leider nicht genügende Zeit darauf verwenden, um den Versuch so fehlerfrei anzustellen, dass der negative Erfolg ein wirklich beweisender geworden wäre und müssen wir also die Sache zu weiteren Prüfungen empfehlen.

In anderer Weise ist es uns jedoch gelungen, sowohl im Wasser, als auch ausserhalb des Wassers den Beweis für die longitudinalen Wellenbewegungen des Labyrinthwassers, wenigstens für unseren imitirten Hör-Apparat zu liefern.

Es wurde nämlich die seitliche Oeffnung der sechsfüssigen Glasröhre durch einen Korken geschlossen, das eine Ende wieder mit einer Membran verschlossen und im Uebrigen die Füllung der Röhre, sowie die Verbindung derselben mit dem ovalen Fenster ebenso hergestellt, wie es beim vorigen Versuche bereits beschrieben ist; nur war die Lage der Röhre in so fern eine andere, als die Endmembran über das Niveau erhoben war. Gegen diese Membran wurde nun, in ihrem Mittelpunkt, ein rechteckiger 36 Cm. langer Glasstab von durchschnittlich 2,5 Mm. Breite und 1,5 Mm. Dicke mit seinem knopfartig angeschwollenen Ende angestemmt, um seinen zweiten Stützpunkt an der Spitze eines konisch zugespitzten dicken kurzen Glasstabes zu finden, welcher in eine entsprechende Vertiefung des anderen Glasstabendes hineinpasste. Ein schwerer Mauerstein diente dem dickeren konischen Glasstab zur Befestigung mittelst Sigellack. Wenn nun auf die breite Seite des Glasstabes Sand oder Lycopodium gestreut, und dann der Sirenenton in den Gehörgang der Müller'schen Flasche geleitet wurde, so bemerkte man während gewisser Tonhöhen, dass der Sand resp. der Bärlappsamen abgeworfen wurde, während sich zu anderen Zeiten keine Bewegung nachweisen liess. Wir haben keinen Anstand genommen, diese geringe Bewegung für den Ausdruck durch den Stab verlaufender longitudinaler Wellen zu halten,

*) Des poudres légères suspendues dans l'eau suffisent déjà pour gêner les vibrations; c'est pourquoi j'aie échoué dans toutes les tentatives que j'ai faites pour rendre les noeuds de vibration visibles.

Mémoire sur la vitesse du son dans les liquides; par M. G. Wertheim. Annales de chimie et de physique Troisième Série. Tome XXIII. pag. 458.

welche sich ja stets mit transversalen Ausbuchtungen combiniren,**) haben indessen durch eine Modification dieselben noch deutlicher zur Anschauung bringen können.

Es wurden nämlich, anstatt des aufgestreuten Sandes, kleine Papierringe aus feinem Postpapier über den Stab geschoben, deren Oeffnung so gross war, dass sie sich bequem auf dem Stabe verschieben konnten. Sie wurden gleichmässig so angeordnet, dass die einzelnen Ringe circa 1 Cm. von einander entfernt waren. Als nun der Ton zugeleitet wurde, machten sich periodisch deutliche Bewegungen dieser kleinen Ringe bemerkbar, und zwar kam hierbei ein auffallendes Phänomen zur Erscheinung. Die Bewegung der Ringe war nämlich nicht nur diejenige, dass sie sich von zwei Seiten her an einem Punkte irgend eines Theils des Stabes, oder auch am Endpunkte desselben ansammelten, sondern diese Bewegung geschah durch kreisende Drehbewegungen in einseitiger Richtung. Die Schwingungszahlen, welche den stärksten dieser Bewegungen entsprachen, waren 50,0 — 138,7 — 257,4; Zahlen, welche nicht mit der Länge der in Betracht kommenden Wassersäule in Beziehung zu bringen sind.

Wenn wir in der Weise, wie Lucae es für andre Zwecke gethan hat,*) beide Fenster mit einem Uförmigen Rohr verbanden, welches Wasser mit suspendirtem Bärlappsamen enthielt, so war nur bei den niedrigsten Tönen der Sirene ein schwacher Wirbel in der dem ovalen Fenster zunächst gelegenen Wasserschicht bemerkbar, während sich durch die ganze übrige Tonreihe hindurch das Lycopodium ruhig auf die beiden Fenstermembranen herabsenkte.

Als dieses Uförmige Glasrohr derartig verändert wurde, dass an einem Ende eine ampullenartige Erweiterung angeblasen wurde, welche an einer Seite eine durch einen Kork verschliessbare Oeffnung besass, und dieser Kork mit feinsten Glasfäden besetzt wurde, so dass das Ende des Korkes, analog den halbcirkelförmigen Canälen, die Crista acustica darstellte, auf welcher die kleinen Glasfäden die Hörhärchen imitirten, ergab die Schallzuleitung keine mit unbewaffnetem Auge sichtbare Bewegung des Wassers, welche wir an den kleinen Hörhärchen zu beobachten gedachten. Als wir nun aber ein Stückchen zartester Glaswolle, welche bekanntlich in allen Regenbogenfarben schillert und dabei sich durch grösste Leichtigkeit auszeichnet, in das Labyrinthwasser so einführten, dass es auf die vorspringenden Hörhaare zu liegen kam, bemerkten wir allerdings, dass dieser Körper von einem offenbar in Schwingungen gerathenden Hörhärchen sehr deutlich bewegt wurde.

Wir haben dann noch das ovale Fenster unserer Kugelflasche mit einem gläsernen Apparat in Verbindung gebracht, welcher vollkommener das Labyrinth nachahmte. Von dem erweiterten das Vestibulum darstellenden Raum ging seitlich ein halbcirkelförmiger Canal ab, dessen Durchmesser 3 Mm. betrug, und in dessen Ampulle ein, mikroskopisch feine Glasfäden tragender, Kork hineinragte. Dieser auf der Korkplatte der Müllerschen Flasche fest aufgekitteter Apparat wurde in eine solche Lage gebracht, dass die Hörhärchen durch ein passend angebrachtes Mikroscop beobachtet werden konnten, und in der That zeigte bei einem gewissen Ton, dessen Schwingungszahl leider nicht gezählt wurde, eines dieser Härchen eine deutliche Schwingung, deren Excursion wohl das doppelte des Dickendurchmessers des Glasfädchens betrug. Andere Härchen, welche länger resp. breiter oder schmäler waren, verhielten sich zu gleicher Zeit ruhig, schwangen indessen bei Steigerung des Tones.

---

*) A. Lucae. Ueber die Druckverhältnisse des innern Ohrs. Archiv für Ohrenheilkunde. Bd. IV. Heft I.

**) Savart. Annales de Chimie et de Physique Tome LXV. — Akustik, bearbeitet von Seebeck im Repertorium der Physik. Bd. VI.

Wenn sich in diesem künstlichen Labyrinth auf dem Wasser ein Luftbläschen befand, so wurde dasselbe anhaltend in starke Bewegungen versetzt, auch wohl zerrissen.

Fassen wir nun alle, die Schwingungen des schallleitenden Apparates betreffenden, Erfahrungen zusammen, so drängt sich uns die Ansicht auf, dass die Tonzuleitung zwar gewiss mit Transversalschwingungen einhergeht, aber so stark auch dieselben nachzuweisen gewesen sind, scheint man doch genöthigt zu sein, die Wirksamkeit der Longitudinalschwingungen daneben aufrecht zu erhalten; sowohl desshalb, weil das eine Mal die Gehörknöchelchen in der Längsaxe des Ohres schwingen, das andere Mal rechtwinklig auf dieselbe, — und in letzterem Falle Stempelbewegungen des Steigbügels doch unmöglich in nennenswerther Weise hervorgebracht werden können — als auch, weil sie oft vollständig ruhig sind, während doch unser eignes Ohr die Töne äusserst deutlich zu vernehmen vermochte. Namentlich wichtig scheint in dieser Beziehung die Beobachtung an der Müller'schen Flasche zu sein, wo innerhalb der Grenzen der durch die Sirene zu erzeugenden Töne die Dröhnung und jene merkwürdige Erschütterung des Wassers — so weit sich das erkennen liess, — gleichmässig auftrat, während auch hier die Transversalschwingungen ausgesprochen periodisch waren. Die letzteren können natürlich die Longitudinalschwingungen verstärken resp. sich mit ihnen combiniren, wie das nach den Versuchen mit dem angestemmten Glasstabe in der That der Fall zu sein scheint. Seit den Versuchen Wertheim's, welcher das Wasser in Orgelpfeifen zum Tönen brachte,*) liegt doch kein Grund vor, die Möglichkeit longitudinaler oder molekularer Schwingungen im Wasser des Labyrinthes zu leugnen.**)

Wenn die Weber'sche Theorie von den Transversalschwingungen der Gehörknöchelchen und der ungeschwächten Stempelwirkung des Steigbügels, welche die beiden Fenstermembranen mit dem von ihnen eingeschlossenen Labyrinthwasser, gleich den beiden Fellen einer Trommel, mechanisch hin und herbewegt, seit ihrem Auftreten dennoch die Mehrzahl der Physiologen zu ihren Anhängern zählt, so ist es auf der andern Seite hervorzuheben, dass Claudius***) auf Grund seiner reichen vergleichend anatomischen Forschungen, jener Hypothese entgegenzutreten und ihre Unhaltbarkeit durch anatomische Thatsachen und theoretische Gründe darzulegen bestrebt war.

In seinem neusten Werke†) giebt auch Wundt eine Erklärung der Schwingungsformen für die Schallwellen in unserem Ohre, welche sich weit von der Weber'schen Hypothese entfernt, dagegen durch unsere Experimente, wenn auch nicht vollständig, so doch wesentlich unterstützt wird.

Die Geringfügigkeit der Aenderungen, welche die directen Eingriffe auf unsere Trommelfelle hervorbrachten, scheint in der Weise gedeutet werden zu müssen, dass es auf die genaue Schwingungs-

---

*) Annales de Chimie et de Physique, 3e série. Tome XXIII. (Août 1848)

**) Eduard Weber. Ueber den Zweck der Fenestra rotunda u. s. w. Amtlicher Bericht über die 19te Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Braunschweig im September 1841. pag. 83. — J Müller, Lehrbuch der Physik und Meteorologie. 6te Auflage. Bd. I. pag. 493. —

***) M. Claudius. Physiologische Bemerkungen über das Gehörorgan der Cataceen und das Labyrinth der Säugethiere. Kiel 1858.

†) W. Wundt. Handbuch der medicinischen Physik. Erlangen 1867.